



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

## Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

- + *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.
- + *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.
- + *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.
- + *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

## Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter <http://books.google.com> durchsuchen.

QK  
671  
L5

UC-NRLF



B 3 878 916

IN MEMORIAM  
Prof. J. Henry Senger



PROFESSOR  
LIBRARY

Tutro  
W. A.

54.



Grundzüge  
der  
**Pflanzen-Anatomie und -Physiologie.**

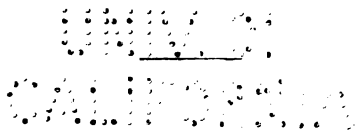
---

Zur  
Unterstützung des Unterrichts an höheren Lehranstalten  
und Einführung in das Privat-Studium

entworfen von

**Dr. Theodor Liebe,**

Oberlehrer an der Friedrich-Werderschen "Gewerbeschule in Berlin.



Mit zahlreichen erläuternden Holzschnitten und Anleitung zur selbstständigen  
Darstellung von Beobachtungsobjecten.

BERLIN, 1878.

Verlag von August Hirschwald.

NW. Unter den Linden 68.

QK571

L5

BIOLOGY  
LIBRARY

**IN MEMORIAM**

*Prof. J. Henry Senger*

TO VIRU  
AIRPORT LAD





## Vorwort.

Die vorliegenden „Grundzüge“ bilden die nothwendige und längst geplante Ergänzung zu den in demselben Verlage bereits früher erschienenen Bändchen: „Die Elemente der Morphologie“ und „Grundriss der speciellen Botanik“.

Ohne mit anderweitig erschienenen „Methodischen Leitfäden“ für den Unterricht in der Botanik, rivalisiren zu wollen, beabsichtigen diese kleinen Bücher nur den gesichteten Stoff zu geben, welcher, dem fortschreitenden Stande der Wissenschaft entsprechend, nach Ansicht des Verf. verarbeitet werden soll und von ihm, mit einigem Erfolg, seit längerer Zeit verarbeitet worden ist. Gleichzeitig soll dem Privatstudium durch dieselben Gelegenheit zur vorläufigen Orientirung über den Gegenstand geboten werden.

Was die Methode betrifft, so glaubt Verf. dass dem wissenschaftlich gebildeten Lehrer so wenig, als dem, der sich selbständig in die Wissenschaft einführen will, in Betreff derselben zu bestimmte Vorschriften gemacht werden dürfen. Er meint, dass vor Allen dem Lehrenden, der die Sache beherrscht und zu beherrschen alle Zeit bemüht ist, eine gewisse Freiheit gelassen werden darf, mit richtigem Tacte die ihm angemessene Art und Weise zu finden, belehrend und das Studium der Lernenden fördernd, zu wirken.

Die „Grundzüge der Anatomie und Physiologie“ speciell betreffend, sei noch bemerkt, dass die erläuternden Holzschnitte grösstentheils nach selbst gefertigten Präparaten dargestellte Freihandzeichnungen des Verf. sind, wie er sie in ähnlicher Weise von

den Schülern der oberen Klassen (OII—OI), die in einem facultativen Cursus im selbständigen Gebrauche des Mikroskops unterwiesen werden, anfertigen lässt.\*) Einige Darstellungen sind schematische Entwürfe, andere wenige sind mustergiltigen Originalen nachgebildet.

Es steht zu hoffen, dass die als „Versuche“ eingeflochtenen Anleitungen zur Uebung im selbständigen Darstellen von Präparaten und im Gebrauche des Mikroskops ermuthigen, und zur Kenntniss des letzteren sowohl, als der anatomischen Verhältnisse des Pflanzenkörpers beitragen werden.

Selbstverständlich ist der Verf. weit entlernt davon, den Gegenstand auch nur annähernd erschöpfend behandelt haben zu wollen. Er wünscht mit dem vorliegenden Werkchen nur eine in das wissenschaftliche Studium des Gegenstandes selbstthätig einführende Grundlage und Anregung zu geben.

---

\*) Wem daran gelegen ist, an mustergiltigen Präparaten das mikroskopische Sehen weiter zu üben, oder üben zu lassen, dem seien die von Dr. Groenland in Dahme mittelst des von ihm construirten „Mikrotoms“ dargestellten Objecte bestens empfohlen.

Berlin, Juni 1878.

**Th. Liebe.**

---

# Uebersicht des Inhalts.

---

## *Einleitung:*

Seite

Begriff der Anatomie und Physiologie als Theile der Allgemeinen Botanik . . . . .	1
--	---

I. <b>Anatomie.</b> (Die Lehre vom inneren Bau des Pflanzen- körpers) . . . . .	2—38
--	------

A) <i>Von den Elementarorganen</i> . . . . .	4—22
--	------

1. Die Elementarorgane erster Ordnung oder Zellen . . . . .	4—20
--	------

a) Form der Zelle . . . . .	6—13
-----------------------------	------

b) Grösse und Bau der Zelle . . . . .	13—20
---------------------------------------	-------

aa) Die Zellenwandung . . . . .	15—17
---------------------------------	-------

bb) Der Zelleninhalt. Protoplasma, Zellkern	17—20
---	-------

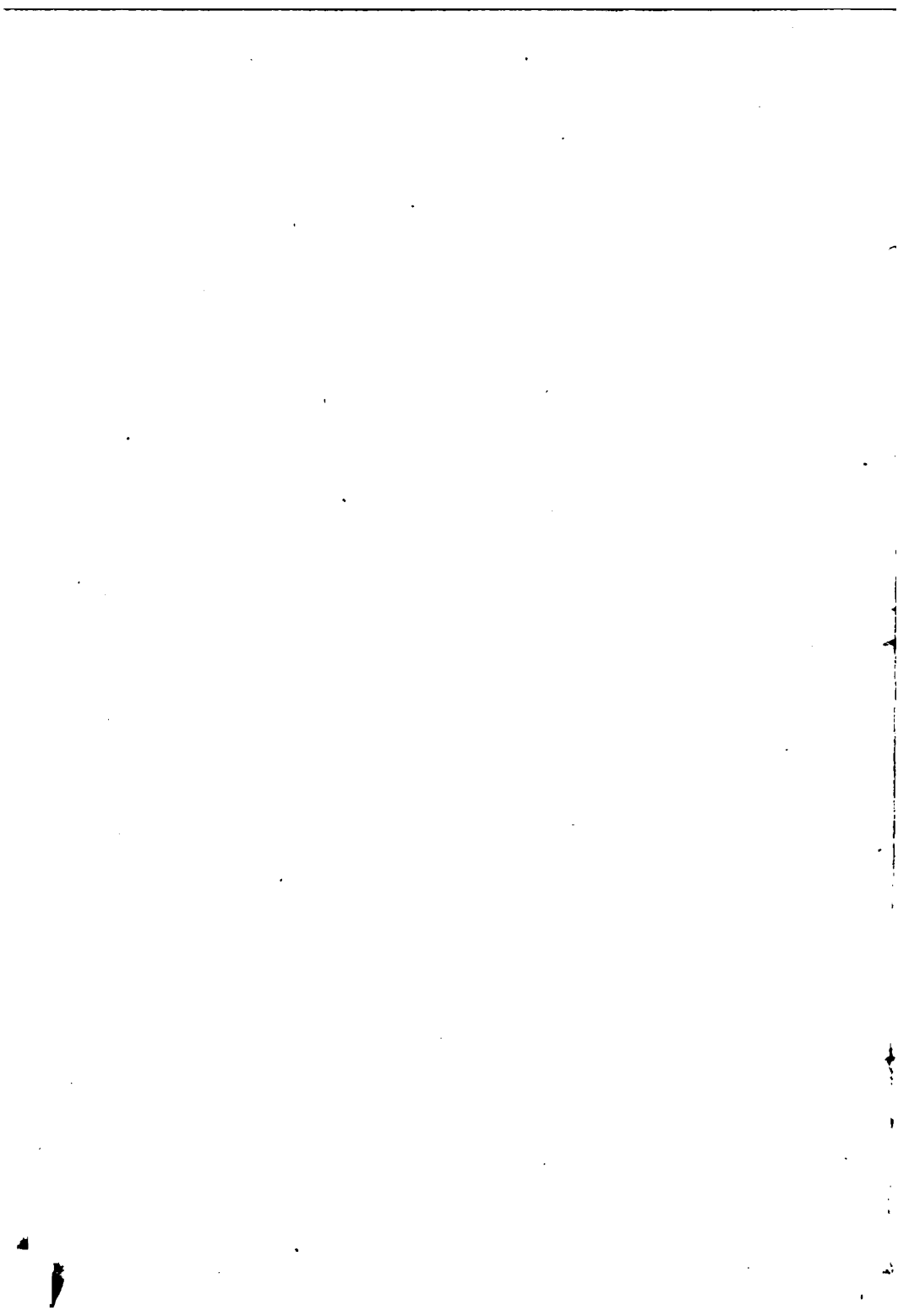
(S. 17), Chlorophyll oder Blattgrün (Seite  
17—18), Stärkemehl oder Amylon (Seite  
18—19), Raphiden und Krystalldrüsen  
(S. 19), Aleuron, Klebermehl oder Protein-  
körner, Globoide (S. 19), Luft (S. 20).

2. Die Elementarorgane zweiter Ordnung oder Gefässe . . . . .	20—22
--	-------

1. Spiral- oder Schraubengefässe. 2. Ringge-  
fässe. 3. Netzförmige Gefässe. 4. Treppenge-  
fässe (S. 20—21). 5. Getüpfelte oder punc-  
tirte Gefässe (S. 21—22). Milchsaft- und Harz-  
gefässe (S. 22).

	Seite
B) <i>Von dem Gewebe des Pflanzenkörpers</i> . . . . .	22—29
3. Die Verbindung der Elementarorgane untereinander . . . . .	22—29
Lineales Gewebe (S. 22). Flächengewebe (S. 22). Grundgewebe oder Urparenchym (S. 23).	
a) Das einfache Dauergewebe . . . . .	23—26
Parenchym oder Kurzzellgewebe (S. 23). Prosenchym oder Langzellgewebe (S. 24). Intercellularsubstanz (S. 24).	
b) Das zusammengesetzte Dauergewebe . . . . .	26—29
Gefäßbündel, Leitbündel, Fibrovasalstränge; Phloëm, Xylem, Cambium (S. 27—28); offene (bei den Dicotylen), geschlossene (bei den Monocotylen) Gefäßbündel . . . . .	27—29
C) <i>Ueber den Bau der äusseren (zusammengesetzten) Organe des Pflanzenkörpers</i> . . . . .	29—38
4. Der anatomische Bau der Anhangsorgane oder Blätter . . . . .	29—33
Ein- und zweischichtige Blätter (Moose, Seite 30—31). Mehrschichtige Blätter (S. 31—33). Oberhaut und Spaltöffnungen (S. 28 u. 31).	
5. Bau der aufsteigenden Achse (des Stengels) . . . . .	33—37
Bei den Moosen und Farnen (S. 33). Bei den Nacktsamigen (S. 33—34). Monocotylen (S. 35). Dicotylen, Jahresringe (S. 34—37).	
6. Bau der absteigenden Achse (der Wurzel) . . . . .	37—38
Wurzelspitze, Wurzelschwämmchen, Wurzelhaube.	
Anleitung zur Aufbewahrung mikroskopischer Präparate . . . . .	38
II. <b>Physiologie</b> (Die Lehre von der Lebensthätigkeit der Pflanze) . . . . .	39—63
A) <i>Erhaltung des Einzelwesens (Ernährung)</i> . . . . .	40—54
1. Von den Nährstoffen der Pflanze . . . . .	40—42
2. Aufnahme und Aneignung derselben . . . . .	42—54
a) Wirkung der Diösmose und Lösungskraft der Wurzelschwämmchen . . . . .	42—44
b) Auswahl der Nährstoffe, Aufsteigen und Verteilung des Saftstromes . . . . .	44—45

	Seite
c) Unterstützung der endosmotischen Kraft durch Verdunstung und Capillarattraction . . . .	45—46
d) Periodische Unterbrechung des Saftstromes .	47
e) Aufnehmende und assimilirende Thätigkeit der Blätter . . . . .	47—48
f) Unterschied von Assimilation und Stoffmetamorphose . . . . .	48—49
(Schmarotzer oder Parasiten, Humuspflanzen oder Saprophyten, Baumbewohner oder Epiphyten)	
g) Athmungsthätigkeit der Pflanze . . . . .	49—50
h) Wechselwirkende und gegenseitig sich bedingende Lebensthätigkeit von Pflanze und Thier . . . . .	50—51
i) Ueber Secrete und excrementielle Stoffe der Pflanzen . . . . .	51
k) Animale Lebensäusserungen der Pflanze . . .	51—52
l) Lebensdauer . . . . .	52—54
B) <i>Erhaltung der Art (Fortpflanzung)</i> . . . . .	54—63
3. Die ungeschlechtige Fortpflanzung oder Vermehrung . . . . .	54—55
4. Die eigentliche (geschlechtige oder sexuelle) Fortpflanzung . . . . .	55—61
a) Entwicklung der Sporenpflanzen . . . . .	56—58
b) Entwicklung der Blütenpflanzen . . . . .	58—63
(Samenknospe, atrope, anatrope, campylo trope, S. 60).	
5. Keimung des Samens . . . . .	61—63
Dauer der Keimfähigkeit (S. 61). Austreten des Keimlings. (Monocotyledonen, Dicotyledonen, Polycotyledonen; oberirdische, unterirdische Keimung.	



## Einleitung.\*)

---

Die „Allgemeine Botanik“ gliedert sich in Morphologie, Anatomie und Physiologie.

Während die Morphologie uns mit der äusseren Erscheinung der Pflanze bekannt und vertraut macht, lehrt uns die Anatomie den inneren Bau, die Structur des Pflanzenkörpers kennen, die Physiologie dagegen die Verrichtungen seiner Organe. Sie hat es nicht mit Form und Beschaffenheit derselben zu thun, sondern mit ihrer lebendigen Thätigkeit. Mit anderen Worten:

Die Physiologie beobachtet den Vorgang der Bildung, das Werden, Morphologie und Anatomie die Resultate des Werdens, das Gewordene, das Gebilde.

Alle drei Zweige der allgemeinen Botanik stehen natürlich in der innigsten Wechselbeziehung zu einander, namentlich greifen Anatomie und Physiologie fortwährend in einander über.

Mit diesen letzteren beiden wollen wir uns an dieser Stelle beschäftigen; und zwar wenden wir uns zunächst zur:

### I. Anatomie.

Wir wollen zuerst die Resultate der Bildung, das Gebilde bis in seine kleinsten Theile, die der Beobachtung mit unbewaffnetem Auge nicht zugänglich sind; kennen lernen. Nachher suchen wir das Werden des Gebildes, seine Bildungsweise zu beobachten:

### II. Physiologie.

---

\*) Vgl. die Einleitung zu: „Die Elemente der Morphologie“, v. Dr. Th. Liebe. Berlin, 1877. Zweite Aufl. August Hirschwald. Unter den Linden 68.

## I. Anatomie.

(Die Lehre von dem inneren Bau des Pflanzenkörpers.)

Das Mikroskop lehrt uns, dass der Körper der höheren Pflanzen aus einer meist sehr grossen Anzahl selbständiger Theilchen von verschiedener Beschaffenheit besteht, die mehr oder weniger leicht von einander trennbar sind; nicht aber, wie es dem unbewaffneten, oder von schwachen Vergrösserungs-Instrumenten unterstützten Auge erscheint, aus einer nahezu gleichartigen, von mehr oder weniger grossen Höhlungen durchsetzten Masse.

Diese Theilchen nennt man im Allgemeinen „die Elementarorgane“ des Pflanzenkörpers. Wir unterscheiden Elementarorgane erster und zweiter Ordnung. Die Grundform beider ist die eines ringsum geschlossenen, kugligen oder in die Länge gezogenen Schlauches, der, in der Jugend wenigstens, mit mehr oder weniger flüssig körnigem Inhalt erfüllt ist und eine Wandung von meist dünnhäutiger, zuweilen aber auch sehr fester Consistenz besitzt.

Zelle oder Elementarorgan erster Ordnung wird dieses Organ genannt, wenn es auch nach seiner vollen Ausbildung noch geschlossen bleibt.

Tritt dagegen eine Anzahl von in linealer Richtung aneinander gereihten Zellen so mit einander in Verbindung, dass, nachdem im Laufe der Entwicklung auch die zusammenstossenden Querwände resorbirt sind, eine zusammenhängende Röhre entsteht, so nennt man das neu entstandene Gebilde ein Gefäss oder Elementarorgan zweiter Ordnung.

Beide Arten von Elementarorganen zeigen sich in den zusammengesetzten Organen der höheren Pflanzen (Farne und Blütenpflanzen) in der mannigfachsten Art und Weise mit einander verbunden, indem sie sogenannte „Gefässbündel“, „Leitbündel“ oder „Fibrovasalstränge“ bilden. Der Körper der niederen Pflanzen (Algen, Flechten, Pilze, Moose) besteht nur aus Elementarorganen erster Ordnung.

Aus Gefässen allein besteht weder irgend eine Pflanze, noch auch irgend ein Organ einer solchen. Dagegen finden wir das *Holz der Zapfenträger* und ihrer Verwandten (*Cycadeen* und *Gnetaceen*), *dem die Gefässe fast gänzlich fehlen*, aus eigenthümlichen Zel-



len bestehend, welche in ihrer Bildungsweise zwischen Zellen und Gefässen die Mitte halten.

Die Elementarorgane in ihrer Vereinigung bilden das Gewebe des Pflanzenkörpers.

### Versuche:

Man nehme eine kleine Probe (etwa mit der Spitze eines Federmessers) von dem Fruchtfleische eines Apfels, übertrage dasselbe auf einen Objectträger (ein Stück blasenfreien Fensterglases von 6—7 Cm. Länge und 2—3 Cm. Breite), setze einen Tropfen Wasser, (am besten destillirtes) vielleicht auch mehrere, je nach der Consistenz des Fruchtbrei's, am besten vermittelt eines Glasstäbchens, hinzu, breite die breiartige Masse etwas aus und lege ein Deckgläschen auf, das man fest andrückt. Bringt man das so zubereitete Object unter das Mikroskop, so wird man schon bei schwacher Vergrößerung (etwa 120) erkennen, dass die scheinbar gleichartige Masse aus einer grossen Anzahl selbständiger, in sich geschlossener Theilchen besteht, welche innig mit einander verbunden sind, sich doch aber ziemlich leicht, oft schon durch gelinden Druck von einander trennen lassen. (Vergl. Fig. 1, Zellen aus dem Fruchtfleische von *Pirus Malus* Apfel.)

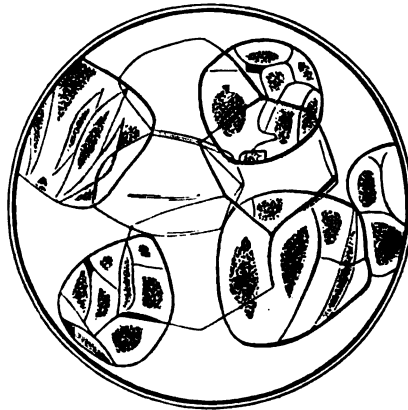


Fig. 1.

Man wiederhole den Versuch mit ähnlichen Theilen anderer Pflanzen, z. B. den Früchten der Eberesche (*Pirus Aucuparia*), des Weissdorns (*Mespilus Oxyacantha*), der Schneebeere (*Symphoricarpus racemosa*) und wird überall ähnliche Anschauungen gewinnen. — Nach wiederholten Beobachtungen der Art, die man womöglich durch Zeichnungen zu fixiren sucht, mache man mit einem gut geschärften Rasirmesser einen möglichst dünnen Schnitt durch eine Kartoffelknolle, die man zuvor mit einem gröberen Messer halbtirt hat. (Das Rasirmesser, dessen man sich bedient, sei ein solches mit möglichst schwerer Klinge, die hohlgeschliffenen sind für unsere Zwecke nicht wohl geeignet). Man führe dabei die Schneide möglichst wagerecht über das Object, von dem man einen Schnitt wünscht, nur einen mässigen Druck anwendend, mehr ziehend als schneidend. Nach wiederholten misslungenen Versuchen wird man ein Schnittchen erlangen, das auf den Objectträger gebracht und in der Weise wie die vorigen Proben behandelt, vollkommen durchsichtig erscheint und ebenfalls erkennen lässt, dass es weder eine gleichartige, noch eine mit Poren durchsetzte Masse ist, sondern ein Conglomerat aus zahlreichen, kleinen

selbständigen, ziemlich fest aneinandergefügten Körperchen. Davon wird man sich überzeugen, wenn man das Gewebe zu zerreißen sucht, mit Hilfe einer oder zweier Präparirnadeln (man stellt eine solche in einfachster Weise dar, wenn man eine Nähnadel mit dem Oehr in einem hölzernen Federhalter befestigt, oder in einen Häkelnadelhalter einschraubt). Je nachdem das Gewebe fester oder lockerer ist, lösen sich die einzelnen Theile leichter oder schwerer, vollkommener oder unvollkommener von einander.

Diese einzelnen Theile nun nennt man Zellen. Ihre Vereinigung Zellgewebe oder Gewebe schlechthin.

Wir werden nach diesen Vorbemerkungen im Folgenden besprechen:

**A. Die Elementarorgane.**

1. Elementarorgane erster Ordnung (Zellen).
2. Elementarorgane zweiter Ordnung (Gefäße).

**B. Das Gewebe.**

3. Die Verbindung einzelner Zellen unter sich (das einfache Gewebe).
4. Die Verbindung der Zellen mit Gefäßen (das zusammengesetzte Gewebe).

**C. Den anatomischen Bau** der einzelnen morphologisch verschiedenen Organe des Pflanzenkörpers und zwar:

5. Der Anhangsorgane (Blätter) und
6. der Achsenorgane (Stengel und Wurzel).

## A. Von den Elementarorganen.

### 1. Die Elementarorgane erster Ordnung oder Zellen.

Die Pflanzenzelle bildet, wie wir bereits oben gesehen, die Grundlage des Gewebes sämtlicher höheren Gewächse. Sie ist aber zugleich die einfachste Form der Pflanze überhaupt, sowohl bei jedem einzelnen Individuum, als im ganzen Pflanzenreiche; d. h. die einfachsten Pflanzenformen sind einfache Zellen, Hefenpilze und einzellige Algen. (Vgl. Fig. 2. *Chlamydococcus pluvialis*. Die einzelnen, kugligen Individuen dicht gedrängt bei einander, aber selbständig.)

Im Gewebe aller niederen Pflanzen (Algen, Flechten, Pilze, Leber- und Laubmoose) verharren sämtliche Elementarorgane auf der Entwicklungsstufe der Zelle. Ebenso ist jede einzelne auch der am höchsten entwickelten Pflanzen, auf ihrer untersten Entwicke-

[REDACTED]

[REDACTED]





Fig. 2.



Fig. 3.  
Sporen von *Equisetum arvense*.



Fig. 3a.  
Einzelne Spore von 2 sich kreuzenden, an der Innenseite der 4sporigen Mutterzelle als Verdickungsschichten entstandenen Spiralbändern umgeben.

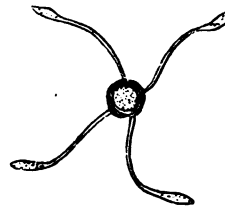


Fig. 3b  
Einzelne Spore mit entwickelten Spiralbändern.

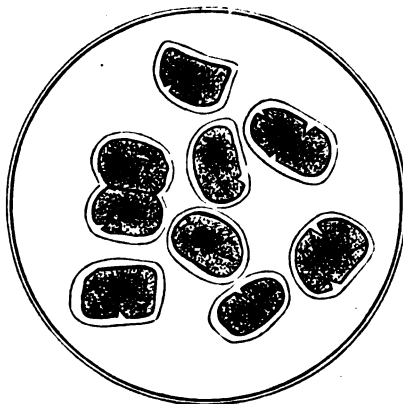


Fig. 4.

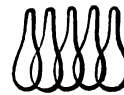


Fig. 5.  
Oberhautzellen des Blumenblattes von *Dianthus barbatus*.

lungsstufe eine einfache Zelle (Eichen der Blütenpflanzen, Sporen der Sporenpflanzen). Der ganze Bildungsprocess besteht demnach in einer Umbildung resp. Vervielfältigung der Zelle, zu deren speciellerer Betrachtung wir uns jetzt wenden.

- a) Aeussere Form der Zelle.
- b) Grösse und Bau derselben.
- aa) Zellenwandung.
- bb) Zelleninhalt.

#### a) Form der Zelle.

Die den organischen Bildungsgesetzen entsprechende Grundform der Zelle ist die Kugel. Dieselbe zeigt sich daher am reinsten da, wo das Walten dieser Gesetze durch andere Verhältnisse nicht beeinträchtigt wird. Wir finden sie z. B. bei einzelligen Algen (vgl. Fig. 2); Hefenpilzen; bei den Sporen der *Sporophyten* (vergl. Fig. 3 u. 3a u. b Sporen von *Equisetum arvense* L. von Schleuderorganen umgeben); bei den Pollenkörnern der *Anthophyten* (Fig. 4, Pollenkörner von *Tulipa Gesneriana*); bei den kopfförmigen Enden vieler Pflanzenhaare, z. B. *Primula sinensis* (vergl. Figur XV auf Tafel 3), *Veronica spicata*; oder in sehr lockerem, jungem Zellgewebe (Fruchtfleisch von *Symphoricarpos*). Häufiger jedoch als die Grundform zeigen sich von dieser abweichende, durch einseitiges Wachsthum mehr oder weniger langstreckige oder durch gegenseitigen Druck polyëdrische Formen. Zur ersteren Gruppe gehören die Oberhautzellen, welche den sammetartigen Ueberzug der Innenseite vieler Blumenblätter bilden (vgl. Fig. 5. Oberhautzellen des Blumenblattes von *Dianthus barbatus*), sowie alle die unter dem Namen „Pflanzenhaare“ zusammengefassten Oberhautgebilde, die in ihren mannigfachen Verästelungen oft die zierlichsten Gebilde darstellen und auch wo sie mehrzellig sind, vorwiegend langstreckige Zellenformen erkennen lassen. Zur Erläuterung mögen die der folgenden Versuchsanleitung beigegebenen Tafeln dienen.

---

#### Versuche:

(Hierzu die Tafeln 1, 2, 3 mit Fig. I—XVI.)

Um uns mit der Vielgestaltigkeit der Zellenformen bekannt und vertraut zu machen, um uns zugleich im selbständigen Präpariren von Objecten und im mikroskopischen Sehen zu üben, wenden wir unsere Aufmerksamkeit jetzt einmal ausschliesslich den Haargebilden zu:

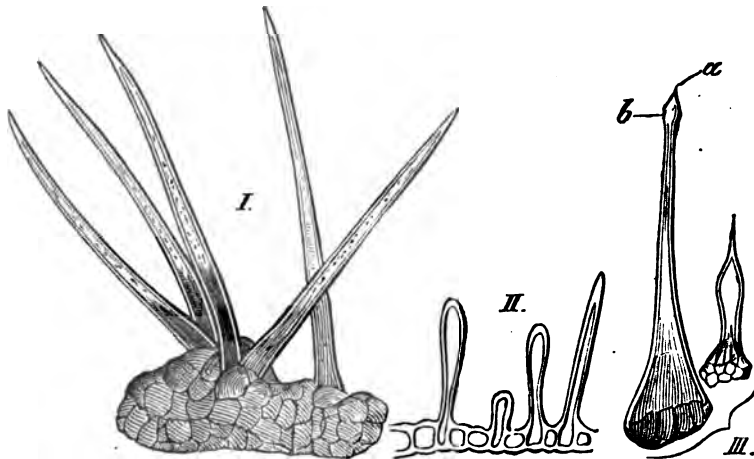
Zunächst lösen wir etwas von der zarten Oberhaut des Blattes von *Viburnum Tinus* (unter dem Namen Laurustin als Topf-Zierpflanze bekannt), wo die Haare namentlich am Rande zahlreich sind, mit Hilfe des Rasir- oder eines Federmessers ab. Bringen wir das Gewonnene, nachdem wir es in der





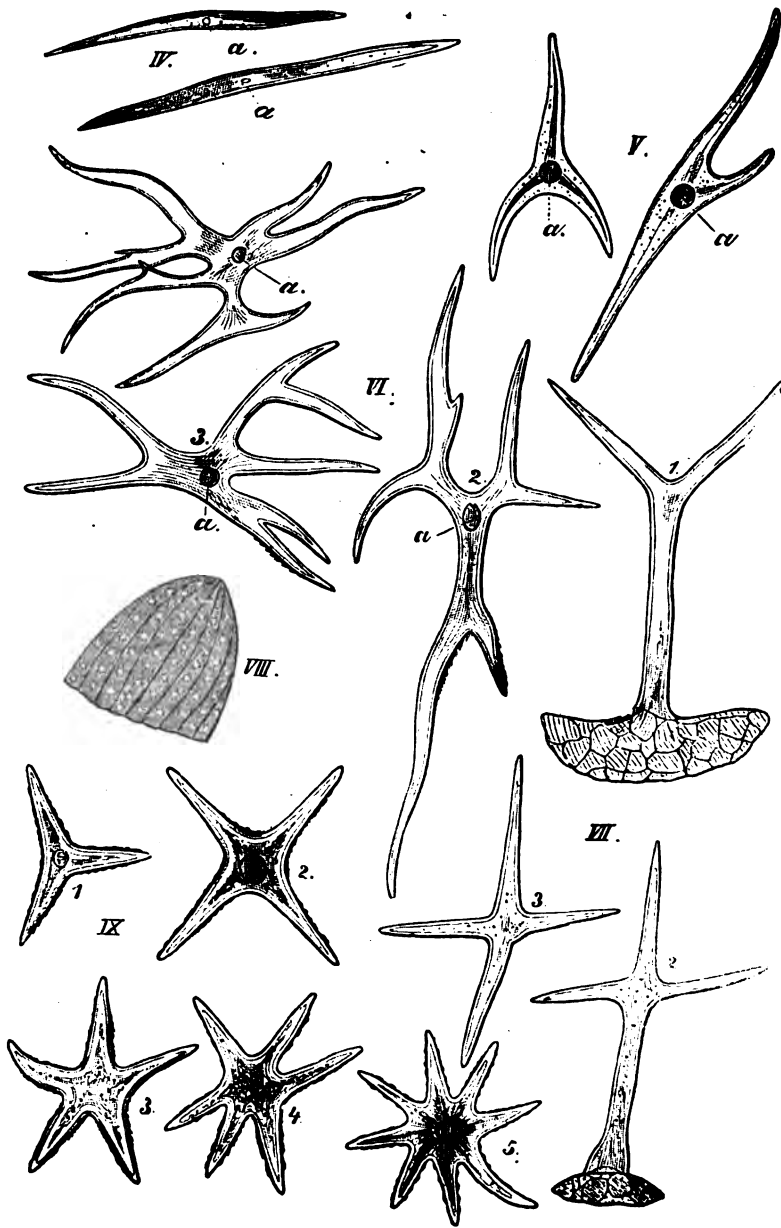


oben beschriebenen Weise mit Wasser (dem wir etwas Glycerin zusetzen können) auf den Objectträger und unters Mikroskop (etwa unter dem Deckglas befindliche, die Beobachtung störende Luftbläschen entferne man durch wiederholtes Heben und Senken des mit der einen Kante auf dem Objectträger aufstehenden Deckgläschens mit Hilfe der Präparirnadel, oder suche sie vermittelst eines eigenen unter das letztere geschobenen Haars zu beseitigen. Ueberschüssige Flüssigkeit sauge man durch an den Rand des aufliegenden Deckgläschens gebrachtes Filtrirpapier auf), so erkennen wir schon bei 120 maliger Vergrößerung die vorher eben nur wahrnehmbaren Härchen als langgestreckte Schläuche, die, an einem Ende zugespitzt, aus einer zwiebelartigen Erhöhung entspringen, welche sich über die übrigen Oberhautzellen erhebt; das Innere derselben erscheint fast klar, durch schwach körnigen Inhalt getrübt. Wir haben eine Zelle vor uns, die, durch die gegebenen Verhältnisse veranlasst und

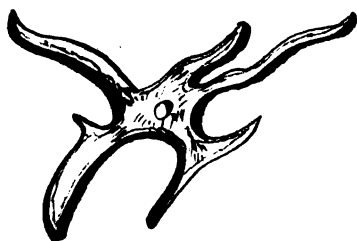


Tafel I.

begünstigt, aus der ursprünglichen Kugelgestalt in die langstreckige übergegangen ist. (S. Fig. I.) Diese ist die gewöhnlichste Form der Haare. Häufig aber zeigen dieselben an der Spitze Neigung zur Rückkehr in die Kugelform und erscheinen dann keulenförmig. So finden wir sie z. B. neben der ersten Form auf den Blättern der zweijährigen Nachtkerze (*Oenothera biennis*) s. Fig. II. Auch die Brennhaare der Nesseln, Fig. III, besitzen eine ähnliche Gestalt. Auf der kugligen Enderweiterung derselben befindet sich noch eine zarte aber sehr spröde Spitze *a*. Berührt man dieselbe unversehens, so dringt sie in die Haut ein und bricht zugleich ab. In die entstandene feine Wunde aber fließt alsbald der Inhalt des Köpfchens *b*. Dieser ist nichts Anderes als Ameisensäure, derselbe Stoff, der den Bienenstachel zu einer empfindlichen Waffe macht. Sie ist die Ursache der schmerzhaften Empfindung und der schnell nachfolgenden Entzündung. Unsere Nesseln sind übrigens Muster von



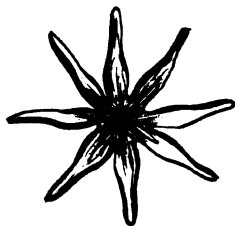
Tafel 2.



*Bertelsche.*



*scabra*



*Fig.*



5

1

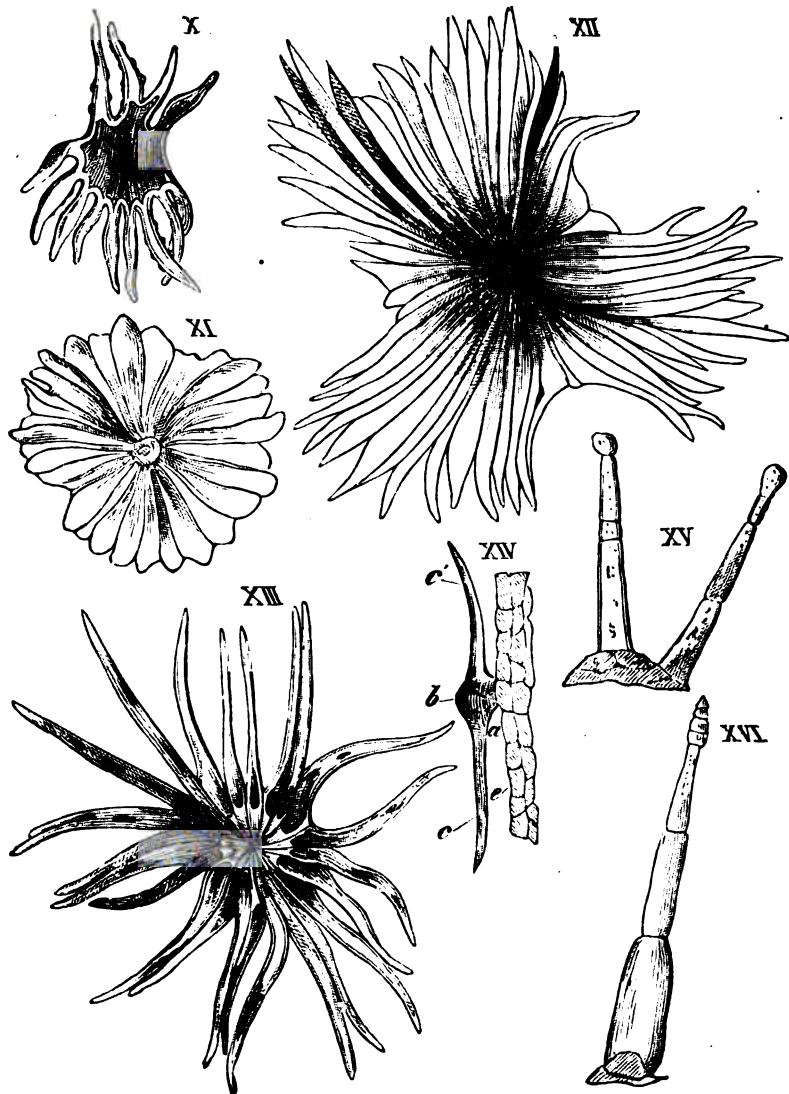


Sanftmuth im Vergleich zu ihren tropischen Verwandten, deren Berührung lebensgefährlich werden kann. Einige derselben (z. B. *Girardinia armata*) besitzen Brennhaare, deren Gestalt man schon mit blossen Auge erkennen kann; die grossen Haare unserer Nesseln sind keine Brennhaare. —

Weit zierlichere Formen, als die erwähnten, zeigen die Haare, wenn sie sich verästeln, wie wir sie namentlich sehr schön und mannigfaltig in der Familie der *Cruciferen* finden. Sie kommen, bei aller Verschiedenheit in der Form, darin überein, dass sie senkrecht nur wenig sich über die Blattoberfläche erheben, sich aber dann, mehr oder weniger verästelt, parallel derselben ausdehnen. (Hiermit ist zugleich die Art ihrer Entwicklung, der Hauptsache nach, angegeben). Beistehende Tafel 2 stellt in den Figuren IV, V, VI, Haarformen von drei verschiedenen Pflanzen dieser Familie dar, wie sie sich auf der Rückseite der Blätter finden und erscheinen, wenn man sie von oben, d. h. das Auge senkrecht gegen die Blattfläche gerichtet, betrachtet. Bei allen bedeutet *a* die Stelle, an welcher das Haar der Oberhaut angeheftet ist. (Die Ursprungszelle, welche aus der Mitte der Oberhautzellen als kuglige Papille hervortretend, durch horizontale Dehnung und Verzweigung, die vorliegende Form bekommt). Die Verzweigung, welche der Blattfläche dicht angedrückt ist, zeigt sich am einfachsten beim Goldlack (*Cheiranthus Cheiri*), siehe Fig. IV. Vom Anheftungspunkte erstrecken sich hier nach entgegengesetzter Richtung zwei allmählich zugespitzte Verlängerungen. Bei Fig. V, den Haaren von *Erysimum cheiranthoides*, sind drei schmal zugespitzte Aeste vorhanden, durch deren Form und Stellung zu einander das Haar mehr oder weniger die Form einer Pfeilspitze bekommt. Am vielfachsten verästelt sind die Haare der *Berteroa incana*. Dem blossen Auge, gleich wie die vorigen, als solche nicht erkennbar, besetzen sie dicht die ganze Oberfläche der Pflanze, Stengel, Blätter und Fruchtknoten und geben derselben ein weissgraues Ansehn. Unter dem Mikroskop, bei 300 maliger Vergrösserung betrachtet, zeigen die einzelnen eine vielfach verzweigte Form, welche zuweilen an die eines Hirschgeweihs erinnert. Fig. VI (1. von Frucht, 2. Stengel, 3. Blatt). — Von den beschriebenen in der Form abweichende und an Grösse dieselben bedeutend übertreffende Haarbildungen zeigt die Sand-Gänsekresse (*Arabis arenosa*), s. Fig. VII, 1, 2, 3. Schon dem blossen Auge leicht erkennbar, bilden sie an der Spitze eines senkrecht sich erhebenden Stiles 2, 3 oder 4 spitz zulaufende Fortsätze (1 und 2 von der Seite, 3 von Oben gesehen).

Verästelte Formen einzelliger Haare, ähnlich den eben besprochenen, zeigen sich aber nicht allein bei Pflanzen, die der Familie der Kreuzblütler angehören, sie treten auch in anderen Familien auf. So bei der Gattung *Deutzia*. *Deutzia gracilis* ist eine häufige Topfzierpflanze. *Deutzia scabra* finden wir häufig in Parkanlagen neben ihrem Familiengenossen, dem falschen Jasmin oder Pfeifenstrauch (*Philadelphus coronarius*) angepflanzt. Beim *Philadelphus* finden sich die Laubblätter, namentlich an den Rippen der Unterseite mit borstigen Haaren besetzt, die unter dem Mikroskop den oben erwähnten einfachsten Bau zeigen. Bei *Deutzia* zeigen sich Blumen- und Laubblätter dem blossen Auge unbehaart. Dagegen lassen die letzteren,

namentlich wenn man sie zuvor in Glycerin gelegt und damit durchsichtig gemacht hat, schon bei 25maliger Vergrößerung eine reiche Zahl kleiner Stern-



Tafel 3.

chen erkennen. (Vgl. Fig. VIII, Blumbl. d. *Deutz. sc.* 25  $\times$  vergr.) Auch Stückchen der Laubblätter sieht man mit solchen Sternchen besetzt, wenn man sie



7



zuvor durchsichtig gemacht, was man mehr oder weniger vollständig erreicht, wenn man sie längere Zeit in absoluten Alkohol legt, wodurch das Chlorophyll (der grüne Farbstoff) ausgezogen wird, und sie dann von Glycerin durchdringen lässt.

Jedes einzelne Sternchen bei stärkerer Vergrößerung betrachtet, (250 bis 300) erscheint als eine sternförmig verzweigte Zelle, ausgezeichnet durch die grosse Gleichheit der einzelnen Strahlen und die Regelmässigkeit in der Anordnung derselben um den gemeinsamen Anheftungspunkt. Ihre Gestalt bekommt dadurch auffallende Aehnlichkeit mit der eines Seesterns. Die Zahl der Strahlen ist sehr verschieden, sie steigt von 3—8 (Fig. IX) auf den Blumenblättern noch höher, wo dann die Strahlen zugleich etwas gekrümmt und weniger regelmässig angeordnet erscheinen (Fig. X).

Alle bisher betrachteten freien Oberhautbildungen der Pflanzen stellen verschiedene Formen einer einzelnen Zelle dar. Man hat ihnen insgesamt wegen der Aehnlichkeit ihrer Entwicklung und ihres Vorkommens den Namen Haare gegeben, obwohl nur die erste fadenartig verlängerte Form dem thierischen Haar zu vergleichen ist.

Es giebt nun aber auch mehrzellige Oberhautbildungen, die man ebenfalls Haare genannt hat. Wegen der Aehnlichkeit in der Form und dem Auftreten, sei ihrer Beobachtung gleich hier eine Stelle gegönnt, obwohl wir eigentlich noch bei Betrachtung der einzelnen Zelle stehen.

Die sogenannten Sternhaare, im Allgemeinen den so eben beschriebenen der *Deutzia* ähnlich, unterscheiden sich von denselben wesentlich dadurch, dass ihre Strahlen selbständige Zellen sind, welche um einen gemeinsamen Mittelpunkt vereinigt und zum Theil mit einander verwachsen, ein zusammenhängendes Ganzes darstellen. Dasselbe erhebt sich auf einem sehr kurzen gemeinsamen Stil und breitet sich sternförmig auf der Blattoberfläche aus. Es ist anzunehmen: der „Stil“ ist die ursprünglich über die Epidermis (Oberhaut) sich erhebende Zelle, diese hat sich durch Bildung senkrechter Wände getheilt und jede Abtheilung durch horizontale Streckung nach auswärts, sich zu einem Strahl des Gesamtgebildes (Sternhaares) entwickelt.

Zur Veranschaulichung der Formen mögen folgende Beispiele dienen:

Wenn man etwas von dem silbergrauen Filz, welcher die Blätter des Oelbaums (*Olea europaea*) auf der Oberseite spärlicher, ganz dicht auf der Unterseite überzieht und sich leicht mit dem Messer abschaben lässt, unter's Mikroskop bringt, so erscheint derselbe gebildet durch unzählige sternförmige Schüppchen, die mit den Rändern sich decken und mit ihrem Mittelpunkte der Oberhautfläche aufgeheftet sind. Die Scheidewände der einzelnen Strahlen sind erkennbar, wenn auch nicht sehr deutlich, die freien Enden derselben sind sehr kurz und erscheinen als Randzacken des scheibenförmigen Ganzen (Fig. XI).

Sehr ähnliche Bildungen finden wir auf den Blättern und jungen Zweigen des Stranddorns (*Hippophaë rhamnoides*), der am Meeresufer heimisch (auf der Düne von Helgoland dichtes Gestrüpp bildend), auch bei uns in Anlagen angepflanzt wird, wegen der zahlreichen rothen, eine schöne Herbstzierde bildenden Früchte. Die Sternhaare der Blätter zeigen bei allgemeiner

Uebereinstimmung eine grosse Zahl wechselnder Gestalten, die zwischen zwei extremen Formen sich zu bewegen scheinen.

Bei der ersten Form, Fig. XII, sind die freien Enden noch ziemlich kurz und betragen etwa  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$  der ganzen Länge, das Ganze erscheint dreilappig. Bei der zweiten Form, Fig. XIII, sind die einzelnen Strahlen fast bis auf den Grund getrennt und ihre freie Länge verhält sich zum verwachsenen Theile etwa wie 6:1.

Fast genau übereinstimmend sind die Sternhaare gebildet, welche den silberglänzenden Ueberzug der Blätter der Oelweide bilden (*Elaeagnus angustifolia* und andere Arten), die zu derselben Familie wie die vorige gehört. In der beistehenden Fig. XIV stellen wir den Querschnitt eines Blattes dar. (Man knicke das Blatt mehrfach zusammen, klemme es zwischen zwei Korkplättchen oder Holundermarkstücke mittelst der Finger oder der Pinzette fest ein und schneide mit dem gutgeschärften Rasirmesser in der oben angegebenen Weise. Die Schnittchen bringe man womöglich sofort in ein mit Wasser gefülltes Uhrglas, man suche dann die gelungensten aus und bringe sie auf den bereit gehaltenen Objectträger). Der Schnitt ist senkrecht gegen die Blattfläche geführt und hat eines der Sternhaare in 2 Hälften getheilt. Wir sehen dasselbe 300 mal vergrössert von der Seite: *a* ist der kurze Stil des Haares, der sich über die Epidermidal- oder Oberhautschicht der unteren Blattfläche *e* erhebt und da, wo er die einzelnen Strahlen des Haares, von denen hier 2, *c* und *c'* zu sehen sind, vereinigt, eine buckelförmige Erhöhung *b* bildet.

Zum Schluss wollen wir noch einer Form mehrzelliger Haare Erwähnung thun, die ziemlich häufig, namentlich bei solchen Pflanzen auftritt, deren Oberfläche sammtartig oder feucht und klebrig anzufühlen ist. Die einzelnen Zellen erscheinen hier der Länge nach zu einem cylindrischen oder fadenförmigen Gebilde an einander gereiht, das sich entweder ganz allmählich (Fig. XV. *Primula chinensis*) oder in einzelnen Absätzen Fig. XVI, *Nicotiana rustica* Bauerntabak) nach dem freien Ende zu verjüngt. Die Endzelle selbst ist mehr oder weniger kuglig, manchmal getheilt. Da sie nach Art der einfachen Drüsenhaare manchmal flüssige Stoffe absondert, hat man das Ganze als gestilte Drüse oder mehrzelliges Drüsenhaar bezeichnet.

Im jugendlichen Zustande erscheinen indess auch alle diese Formen in einer der Kugelform ziemlich nahestehenden Gestalt, indem sie als kleine rundliche Papillen sich erheben und sich erst während ihres Wachstums verlängern und verzweigen.

Aber auch ganz freie Zellen zeigen häufig in ihren höheren Entwicklungsstadien eine durch einseitiges Wachsthum hervorgerufene, von der Kugelform sehr abweichende Gestalt; so namentlich einzellige Algen (*Acetabularia*, *Vaucheria*, *Bryopsis*, *Botrydium*\*), s. Fig. 6a, b, c); die zierlichsten Formen derselben finden wir in der Familie der *Diatomaceen*, deren, von unzähligen Genera-

\*) *Botrydium* soll nach neueren Untersuchungen (Jessen) allerdings nicht in allen Entwicklungsstufen einzellig sein.







tionen angesammelte Kieselpanzer das früher und auch jetzt wohl noch so genannte „Infusorienmehl“ bilden. Von den zahllosen, oft fast gradlinig begrenzten, durch feine Streifung ausgezeichneten Formen, geben wir in den Figuren 7—12 einige zur Ansicht, indem wir zugleich die Untersuchung derartigen Infusorienmehles für mikroskopische Uebungen angelegentlichst empfehlen\*), es wird dann um so leichter sein, auch die lebenden Formen in den Gewässern der Umgegend aufzufinden. — Trotz des grossartigen Wechsels derselben aber, der bei den freien Zellen auftritt, möchte man behaupten, dass die Mannigfaltigkeit in der Abweichung von der Kugelgestalt, bei den zum Gewebe verbundenen Zellen eine kaum geringere ist, wenigstens tritt eine solche bei fertigem festem Gewebe fast immer auf. Wir werden Veranlassung finden, später auf diesen Punkt zurückzukommen.

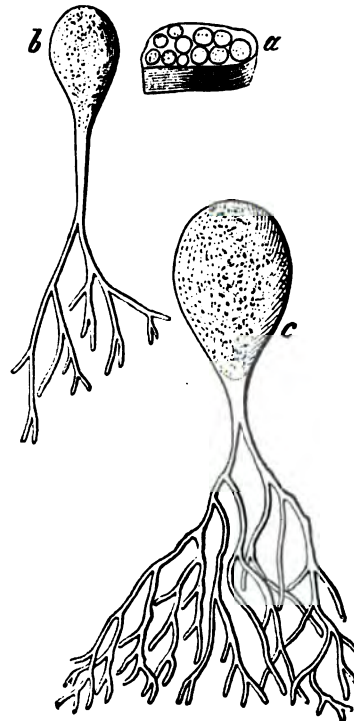
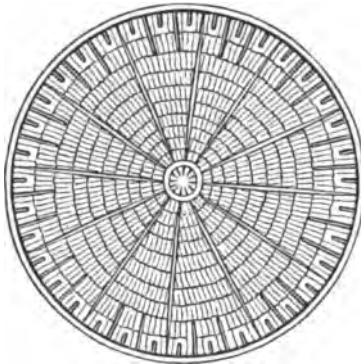
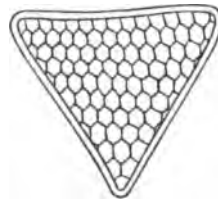


Fig. 6. Entwicklungsformen der (einzelligen?) Alge *Botrydium granulatum*.

### b) Grösse und Bau der Zelle.

Wie die Gestalt, so ist auch die Grösse der Zellen sehr verschieden. Nur darin stimmen die meisten fast alle ohne Ausnahme überein, dass sie mikroskopisch klein sind, wenigstens nur durchs Mikroskop beobachtet werden können.

\*) Figur 7—12 zeigen einige der zierlichsten und bekanntesten Formen. Sehr bekannt ist, dass Berlins Untergrund reich an diesen Diatomeenpanzer-Ablagerungen ist. Man fand deren beim Bau der Markthallen in der Karlstrasse, beim Bau der Nationalgalerie und anderweitig. Auch bei Spandau sind solche, in denen sich genau dieselben Formen, wie in den Berliner finden, beim Bau der Lehrter Bahn aufgedeckt worden, wie Verf. 1870 zu constataren in der Lage war. Die Masse erscheint mattgrau gefärbt, ist sehr leicht. Von den in ihr enthaltenen Formen finden sich viele noch lebend in den stagnirenden Gewässern der Umgegend z. B. *Navicula*, *Pinnularia*. Sehr bekannt ist der Kieselguhr, Tripel, von Franzensbad von gelblicher Färbung, derselbe enthält namentlich die kreisförmigen *Campylodiscus*; dann die von Klieken bei Coswig in Anhalt, auffallend dem Roggenmehl ähnlich aussehend (Hauptform *Galionella*). Bevor man derartige Erde unters Mikroskop bringt, schlämme man dieselbe wiederholt mit Wasser aus, um Sandkörner etc. zu entfernen und übergiesse sie mit Salzsäure, um sie von anhangenden Unreinigkeiten zu befreien.

Fig. 7. *Arachnodiscus ornatus*.Fig. 8. *Grammatophora subtilissima*.Fig. 9. *Pinnularia gibba*.Fig. 10. *Stauronela*.Fig. 11. *Triceratium favus*.Fig. 12.  
*Pleurosigma*  
*angulatum*.

Finden wir schon die freien (selbständige Pflanzen bildenden) Zellen ein und derselben Art in der Grösse nie genau übereinstimmend, so zeigt sich noch mehr Abweichung bei den zum Gewebe verbundenen.

Der Durchmesser der Pollenkörner z. B. wechselt von 0,01 Mm. (*Myosotis*) bis 0,2 Mm. (*Cucurbita*, *Musa Ensete*). Bei Pilzsporen und Hefenzellen sinkt die Grösse bis auf 0,006—0,008 Mm. (*Ustilago Maidis*) herab; im Mark des Hollunders steigt sie bis 0,3 Mm., so dass die einzelnen schon mit der Loupe wahrnehmbar sind. Bei Zellen vollends, deren Längs-Durchmesser von dem Querdurchmesser abweicht, zeigt sich der erstere oft ganz bedeutend entwickelt. Holz- und Bastzellen sind in der Regel 1—3 Mm. lang. Noch länger sind sie beim Hanf und Flachs (Fig. 13. Bastzellen aus dem Stengel von *Linum usitatissimum* [Leinfasern]). Auch manche einzelne Haare erreichen bedeutende Länge, so z. B. diejenigen, welche die Samen der Baumwollenpflanze (*Gossypium*) umgeben, 3—5 Cm. (Fig. 14. Samenhaare von *Gossypium* [Baumwollenfasern]).

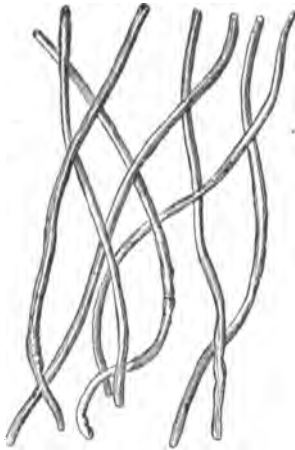


Fig. 13.



Fig. 14.

Bei einer vergleichenden Betrachtung beider wird sich ergeben, dass die Leinfasern drehrund erscheinen, von geringerem Querdurchmesser als die Baumwollenfaser. Die letztere erscheint, bei grösserem Querdurchmesser als die erstere, flach, bandartig. Die Wandungen der ersteren sind stärker, der Hohlraum sehr eng. Die Wandungen der letzteren sind sehr dünn, das Lumen der Zelle grösser, daher fällt die Wandung platt zusammen. (Wir bemerken, dass die Prüfung durch's Mikroskop das einzig sichere Mittel ist, zur Unterscheidung von Baumwollen- und Leinenfasern im Gewebe). Besondere Grösse zeigen auch die Zellen der *Characeen* (3—6 Cm. Länge bei 1 Mm. Querdurchmesser).

Zellen, deren Längs- und Querdurchmesser gleich oder nahezu gleich sind, werden wir als **Kurzzellen**, solche dagegen bei denen der Längendurchmesser bedeutend überwiegt, als **Langzellen** bezeichnen.

Was nun den Bau der Zelle betrifft, so wiederholen wir zunächst, dass wir bei allen Zellen unterscheiden können: aa) die Wandung und den von dieser umschlossenen bb) Inhalt.

#### aa) Die Zellenwandung.

Zellhaut, Zellmembran, besteht ihrer Masse nach aus Cellulose und ist bei jugendlichen Zellen ein homogenes, dünnes, völlig farbloses und durchsichtiges Häutchen. Im Laufe weiterer Entwicklung in dessen erleidet sie häufig so durchgreifende Veränderungen, dass sie nicht nur fast undurchsichtig wird, in Folge der Durchsetzung mit verschiedenen Farbstoffen, sondern auch einen bedeutenden Grad von Festigkeit und Härte erlangt, in Folge der Durchsetzung mit anderen Stoffen, z. B. Kieselsäure. So die Holz- und Bastzellen,

die Zellen aus dem Fleisch mancher Früchte; im Eiweisskörper mancher Samen (*Phytelephas macrocarpa*). Die Oberhaut- (Epidermis-) Zellen der *Equisetum*- (Schachtelhalm) und *Calamus*-Arten (*Calamus Rotang* Span. Rohr) werden durch die in ihren Wandungen abgelagerte Kieselsäure so hart, dass diese Pflanzen zum Poliren von Holz und Metall benutzt werden können und zum Theil am Stahl Funken geben. Die scharfkantigen Stengel und Blätter mancher Gräser und Riedgräser schneiden gleich einem Messer, wie gewiss Mancher beim Versuche, eine solche Pflanze zu pflücken, zum Nachtheil seiner Hand empfunden haben wird.

Doch nicht allein in Bezug auf die Festigkeit und Durchsichtigkeit zeigt sich die Zellenwandung bei älteren Zellen, mit dem Jugendzustande verglichen, bedeutend verändert. Auch in Betreff ihrer Stärke erfährt sie im Laufe der Entwicklung ganz wesentliche Umwandlungen, indem sich an ihrer Innenseite Verdichtungsschichten ablagern. Diese Schichten, die man gegenüber der ursprünglichen, primären, secundäre Zellmembranen genannt hat, vereinigen sich allmählich mehr oder weniger mit der primären, oft so innig, dass man dieselben bei besonders festen, starkwandigen

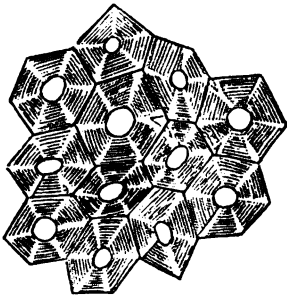


Fig. 15.

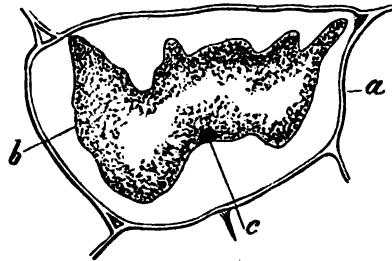


Fig. 16.

Zelle aus der Knolle von *Helianthus tuberosus*, nach Einwirkung von absolutem Alkohol resp. Jod und verdünnter Schwefelsäure. a. Zellwandung, b. Protoplasmasack (Primordialschlauch), c. Zellkern.

Zellen (Holzzellen) nur mit Hilfe angewandter Säuren und Alkalien derartig auflockern kann, dass sie der Beobachtung zugänglich werden (Fig. 15. Schnitt aus dem steinharten Eiweisskörper von *Phytelephas macrocarpa*\*). Nicht immer findet diese Ablagerung an

\*) Die Früchte dieser in Südamerika heimischen Palme kommen jetzt in ganzen Schiffsloadungen, resp. als Ballast eingeführt, zu uns und werden massenweise zu den sogenannten Steinnussknöpfen verarbeitet; gefärbt oder auch rein weiss (vegetabilisches Elfenbein) finden sie reiche Verwendung. Der vorliegende Schnitt ist mit concentrirter Kalilauge resp. Salpetersäure gekocht, wiederholt ausgewässert und von Glycerin durchdrungen. Die einzelnen sechseckigen Zellen lassen die Schichten der sehr dicken Wandungen erkennen, so wie die von Ablagerungsschichten freien Stellen, welche bei den benachbarten Zellen mit einander in Verbindung zu treten scheinen.







der ganzen Innenseite der Wandung gleichmässig statt. In vielen Fällen bleiben gewisse Stellen frei. Solche Zellen scheinen alsdann mehr oder weniger regelmässig angeordnete Poren oder Zeichnungen zu haben, wie Fig. 29, die getüpfelten Langzellen, welche das Holz unserer Nadelhölzer, überhaupt aller *Gymnospermen* bilden (s. Gewebe). Zuweilen auch treten diese Verdickungsschichten oder secundären Membranen als Spiralbänder auf, welche sich in einem gewissen Stadium der Entwicklung ablösen (Schleuderorgane der Sporen von *Equisetum*, s. Fig. 3, a. und b.).

Alle diese Verdickungen finden also an der Innenseite der Wandung, und zwar auf Kosten des Zelleninhaltes statt.

#### bb) Zelleninhalt.

Wenn man jugendliche, noch lebsthätige Zellen (z. B. aus der Blattscheide v. *Zea Mais*) beobachtet, so findet man dieselben mit flüssig-körnigem Inhalt erfüllt. Setzt man dieselben dem Einfluss von absolutem Alkohol aus\*), so zieht sich der Inhalt von der Wandung zurück und nach der Mitte zusammen, zwischen sich und der Wand einen leeren Raum lassend. Dieser Inhalt (Protoplasmasack Fig. 16 b) besteht aus einem (zuweilen auch 2—3) nicht immer mittelständigen Kern, dem Zellkern (*Nucleus*, *Cytoblast* Fig. 16 c) und einer denselben umgebenden, wässerigen Flüssigkeit, die von gelblich oder grünlich (selten anders) gefärbten, mehr oder weniger feinen Körnchen und farblosen Bläschen (*Vacuolen*) durchsetzt ist. Dieser, mit dem Namen *Protoplasma* bezeichnete Inhalt, ist der wichtigste Theil der Zelle, da von ihm die Lebensfähigkeit und Lebensthätigkeit derselben abhängig ist. Zellenwachsthum und Zellenvermehrung gehen von ihm aus (s. Fig. 16). Zellen ohne Protoplasma sind abgestorben.

Wie der Zellkern als ein geformter Theil des Protoplasma anzusehn ist, so findet auch die Bildung und allmähliche Verdickung der Zellenwandung auf Kosten desselben statt. Die äusserste Grenze desselben gegen die Zellenwandung hat man auch (Hugo von Mohl) als ein äusserst feines Häutchen erkennen wollen und Primordialschlauch genannt. Bewegung des Protoplasma innerhalb der Zellenwandung hat man zuerst bei *Characeen* (*Nitella*), später vielfach anderwärts beobachten können, (*Vallisneria*, Wurzelhaare von *Hydrocharis*, Haare von *Tradescantia*).

In späteren Entwicklungsstadien zeigt sich der Zelleninhalt wesentlich verändert, die Zahl der Körnchen hat sich vermehrt, die einzelnen haben sich wesentlich vergrössert und eine rein grüne Färbung angenommen (Figur 17, Blatt von *Mnium*).

\*) Man bringe einen Tropfen davon an den Rand des, dem auf dem Objectträger befindlichen Object aufliegenden Deckgläschens.

Man nennt diese Körnchen: Chlorophyll-(Blattgrün)körperchen, und hat bei ihnen zu unterscheiden: den eigentlichen protoplasmatischen Theil von der färbenden Masse. Letztere kann durch Alkohol, Aether, Chloroform, Benzin, ätherische oder fette Oele, ohne wesentliche Beeinträchtigung des ersteren in Hinsicht auf Form und Volumen, aufgelöst werden. Das Chlorophyll oder Blattgrün zeigt sich in grosser Menge in den meisten oberirdischen Theilen der höheren Pflanzen.

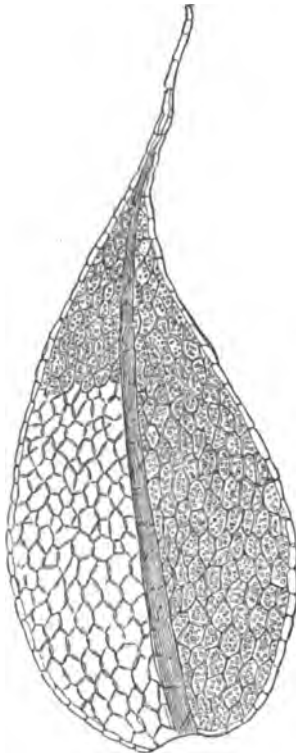


Fig. 17. Ein Moosblatt (*Mnium*) dessen eine Seite in den Zellen die Chlorophyllkörnchen zeigt.



Fig. 18. Kartoffelstärke.



Fig. 19. Raphiden aus der Zwiebel von *Narcissus poëticus*.

Neben ihm oder an seiner Stelle finden wir, namentlich in älteren Pflanzentheilen, oft in grosser Menge einen anderen Stoff, das Stärkemehl (*Amylon*), abgelagert in Form von Körnchen, die eine bei den verschiedenen Pflanzen sehr von einander abweichende Gestalt haben, aber meist eine Zusammensetzung aus zahlreichen, um einen Kernpunkt gelagerten Schichten erkennen lassen.







(Fig. 18. Stärkemehlkörnchen aus der Kartoffelknolle.\*) Besonders reich findet es sich abgelagert im Innern mancher Palmenstämme (Sago), im Milchsaff der *Euphorbiaceen* (unregelmässige Stäbchen), im Mark vieler oberirdischen Stengeltheile, wie auch namentlich in den Grundachsen der durch letztere ausdauernden Gewächse. Ferner im Eiweisskörper (*Cerealien*) und in den Kotyledonen (*Hülsenfrüchtige*) der Samen. Auch in den verdickten Niederblättern der Zwiebeln ist es in reicher Menge vorhanden. (Dem Stärkemehl verwandt das Inulin, *Georgina*). Bei letzteren findet man, neben dem Stärkemehl, als einen dritten aus dem Protoplasma hervorgegangenen Zelleninhalt kleine nadelförmige Krystalle (*Raphiden*). Diese, meist aus saurem oxalsaurem Kali oder Kalk\*\* bestehend, treten entweder einzeln oder noch häufiger zu Bündeln vereinigt auf (Zwiebel von *Narcissus poeticus*, Fig. 19), auch in den unterirdischen Stengeltheilen (Grundachsen) mancher Pflanzen (*Rubia tinctorum* Krapp). Auch unselbständige, mit vielen ihres Gleichen zu kleinen Drusen vereinigte Krystalle treten auf (Stengel der *Canna indica*, Blattscheide von *Musa*).

Von grosser Wichtigkeit ist noch das Vorkommen der lange übersehenen, erst in neuester Zeit klar erkannten Aleuronkörner (Klebermehl- oder Proteinkörner). Sie finden sich in den Reservestoffbehältern reifer Samen, d. h. der inneren Samenhaut und den *Kotyledonen* neben den grösseren Stärkemehlkörnern (diese sind dadurch zu erkennen, dass sie durch Jodtinctur blau gefärbt werden) oder Fett, Fig. 20. Die Aleuronkörner selbst bestehen selten aus der Eiweisssubstanz allein, sondern umschliessen meist Fett, oder Krystalle von oxalsaurem Kalk oder rundliche, traubenförmige Körnchen (*Globoide*), die aus phosphor-

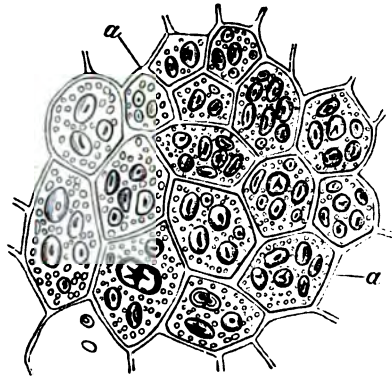


Fig. 20. Schnitt aus dem ruhenden Keimblatt des Linsensamens (*Lens esculenta*). Der Inhalt der einzelnen polyedrischen (meist sechsseitigen) Zellen besteht aus Stärkemehlkörnern (Schichtung schwach kenntlich) und bedeutend kleineren aus Legumin und Fett gebildeten Aleuronkörnern. aa. Zellwandungen.

\*) An dieser Stelle ist die mikroskopische Untersuchung der verschiedenen im Handel vorkommenden Stärkemehlsorten angelegentlich zu empfehlen, Weizen-, Reis-, Mais-, Kartoffelstärke lassen sich, wie auch die aus den *Kotyledonen* der *Papilionaceen* gewonnene, an der Form der Körner nicht schwer unterscheiden.

\*\*) Krystalle von oxalsaurem Kalk sollen auch in der Zellwandung der *Gymnospermen* in mehr oder weniger vollkommener Ausbildung vorkommen.

sauren Salzen bestehen und mit denen zusammen die Proteinsubstanz das amorphe Aleuronkörnchen bildet.

In vielen Fällen, namentlich bei sehr dickwandigen Zellen (Holzzellen, Korkzellen, Bastzellen), zeigt sich der Zelleninhalt, bei bedeutender Verminderung des Hohlraumes, ganz geschwunden oder durch Luft ersetzt. Die weissen Stellen der sogenannten panachirten Blätter vieler jetzt in Mode stehender Ziergewächse, bestehen meist aus luftführenden Zellen, welche in ihrer Vereinigung milchweisses Licht reflectiren.

## 2. Die Elementarorgane zweiter Ordnung oder Gefässe.

Gefässe nennt man im Allgemeinen röhrenförmige Organe mit ununterbrochener Höhlung, entstanden aus einer Reihe von Zellen, deren aneinanderstossende Zwischenwände allmählich resorbiert wurden. Uebergangsformen von den Zellen zu den Gefässen finden sich nicht selten (Siebröhren), z. B. bei den Farnen. Die Holzzellen der grösseren Cactusarten sind sehr langgestreckt; spiralförmige Verdickungsfasern zeigen sich im Inneren. Sie stehen in senkrechten Reihen übereinander und communiciren mit einander, wegen theilweiser Resorption ihrer Querwände. Wären diese letzteren vollständig verschwunden, so würden wir die so entstandenen fortlaufenden Röhren Gefässe nennen müssen. Gleich der Wandung der einfachen Zelle erfährt auch die aus den Seitenwandungen mehrerer Zellen gebildete Gefässwand im Laufe ihrer Entwicklung wesentliche Veränderungen durch Ablagerung von, meistentheils unterbrochenen, nicht die ganze Wand überziehenden Verdickungsschichten oder secundären Membranen auf ihrer inneren Seite.

Lediglich mit Rücksicht auf die Form, in der diese Verdickungsschichten abgelagert sind, unterscheidet man diese Gefässe in:

1. Spiral- oder Schraubengefässe: Die Wandung zeigt eine (Fig. 21) oder auch zwei und mehr, parallele oder sich kreuzende, in der Richtung einer Spirale laufende Verdickungsbänder. (Fig. 22 und 23.) Jedenfalls die verbreitetste.

2. Ringgefässe: Die Längswand zeigt ringförmige gegen ihre Längsdehnung fast senkrecht gestellte Verdickungen. Zuweilen in demselben Gefäss abwechselnd mit 1. (Kürbis *Cucurbita*, Fig. 24.)

3. Netzförmige Gefässe: Die unregelmässig verlaufenden Windungen der Verdickungsspirale sind netzförmig mit einander verbunden. Fig. 25.

4. Treppengefässe: Unterbrochene Verdickungsleisten stehen senkrecht gegen die Längsachse. Diese und die vorige Form zeigt sich häufig bei den Gefäss-Sporenpflanzen, so wie im jüngeren Theile der Leitbündel der *Monocotyledonen*. Fig. 26.







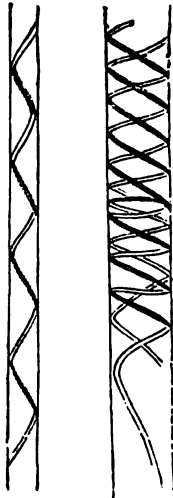


Fig. 21. Gefässe aus dem Holz von *Sambucus Ebulus*, 21) mit einfacher, langgestreckter, 22) mit 2 sich kreuzenden Spiralen.

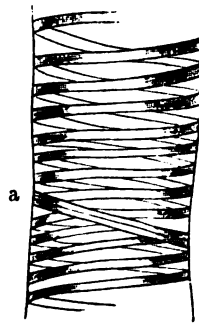


Fig. 23. Gefäss mit 2 sich kreuzenden Verdickungsspiralen aus der Blattscheide von *Musa Ensata*, bei a ein Doppelband.



Fig. 24. Gefäss aus dem Stengel von *Cucurbita Pepo* (Kürbis), mit 2. Theil ringförmigen, zum Theil spiralförmigen Verdickungsschichten.

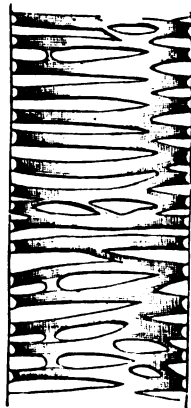


Fig. 25. Gefäss mit netzförmig verdickter Wandung aus dem „Blattstil von *Rheum Rhabarber* (Längsschnitt).

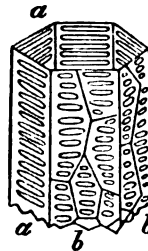


Fig. 26. Gefäss mit treppenförmigen (a), zu punctirten (b) übergehenden Verdickungsschichten (Baumfarne).

5. Getüpfelte oder punctirte Gefässe. Die Verdickungsschicht ist unterbrochen und in zahlreichen, mit oder ohne ringförmigen Hof versehenen Tüpfeln abgelagert. Im Holz der *Dicotyledonen*, mit Ausnahme seiner ältesten an das Mark anstossenden Theile, ist diese Form zu finden. Hier zeigt sich die Tüpfelbildung auch meist mit anderen Formen der Verdickung combinirt.

Es zeigen sich z. B. Tüpfel da, wo die Wandung mit der eines benachbarten Gefässes zusammenstösst, die wie sie an Zellen grenzt, ohne Hof, so dass die Verdickung netzförmig erscheint.

Die schlechthin so genannten Gefässe führen in der Regel Luft als Inhalt. Andere, die man mit Rücksicht auf den letzteren als Milchsaftegefässe, Harzgefässe etc. bezeichnet, werden wir später bei Besprechung des Gewebes des Pflanzenkörpers, zu der wir uns jetzt wenden, des Weiteren zu erwähnen haben.

## B. Von dem Gewebe des Pflanzenkörpers.

### 3. Die Verbindung der Elementarorgane untereinander.

Um den Begriff eines individualisirten Organismus zu begründen ist zweierlei nothwendig, Stoff und Form. Wir haben die Pflanzenzelle bisher in anatomischer Hinsicht als selbständiges, in sich abgeschlossenes Ganzes betrachtet und der Form derselben dabei eine nach Verhältniss eingehende Aufmerksamkeit geschenkt. In der grossen Mehrzahl der Fälle (die niedrigsten Pilze und Algen, die Sporen und Pollenkörner ausgenommen) tritt die Zelle nicht als isolirter Organismus, sondern in grösserer Zahl mit ihres Gleichen zu zusammenhängenden Gebilden, dem sogenannten Gewebe, verbunden auf.

Die einfachste Form des Gewebes ist die, wo die Zellen sich reihenweis in linealer Richtung an einander schliessen, und mehr oder weniger lange, gegliederte Fäden bilden, wir finden sie bei den Algen (*Oscillarinen*, *Conferven*, Wasserfäden), (s. Fig. 27, *Chroolepus iolithus* Veilchensteinalge) Vorkeimen der Moose und niederen Pilzen. Weiterhin dehnt sich das Gewebe zunächst auch seitlich flächenförmig aus, indem sich die Zellen in einer Ebene aneinander schliessen (*Ulvaceae*, Hautalgen, Blätter der Moose S. 30). Schliesslich bildet es, indem sich die Zellen nach allen drei räumlich

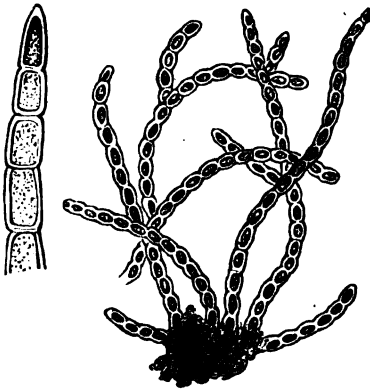


Fig. 27.





möglichen Richtungen aneinander schliessen, Complexe, welche die Grundform des Gewebes aller höheren Pflanzengebilde darstellen, die wir als Parenchym oder Kurzzellgewebe bezeichnen.

Grundgewebe oder Ur-Parenchym (Wurzelspitzen) dürfen wir dies Gewebe nennen, so lange es lebens- resp. entwicklungsfähig ist, und aus sich selber fortwährend neue Theile (natürlich in Folge von Aufnahme anderer Stoffe von Aussen her) bildet, der Zahl nach wächst. Die allgemeine Eigenschaft dieses Gewebes in Bezug auf Form ist die, dass es aus lauter Kurzzellen, d. h. solchen Zellen besteht, deren Längs- und Querdurchmesser in ihrer Dehnung wenig oder gar nicht von einander abweichen.

Aus diesem Grundgewebe nun, dessen Einzelzellen in ihren Grenzen theilweis unbestimmt sind, entwickelt sich, entweder a) das einfache Dauergewebe, wenn nämlich alle seine Glieder nahezu gleichartig bleiben, oder es bildet sich b) das zusammengesetzte Dauergewebe, welches wir auch als Gefässbündel, Leitbündel, (Fibrovasalstrang für den der Fremdwörter liebt) bezeichnen und das stets jene röhrigen Elementarorgane zweiter Ordnung enthält, die aus senkrecht übereinanderstehenden Zellreihen entstanden, als Gefässe bereits oben kurz besprochen wurden.

#### a) Das einfache Dauergewebe.

Das einfache Dauergewebe lässt sich nun wieder, der Form seiner Einzelglieder und dem gegenseitigen Verhältniss derselben entsprechend, in sehr verschiedene Gruppen theilen, von denen wir nur zwei als wesentlich an dieser Stelle unterscheiden: Kurzzellgewebe (Parenchym) und Langzellgewebe (Prosenchym). Der Hauptunterschied zwischen beiden wird sowohl durch die Form als durch die Beschaffenheit der Einzelglieder bedingt. Die erstere betreffend ist zu bemerken, dass im Kurzzellgewebe bei aller Verschiedenheit, doch darin Uebereinstimmung herrscht, dass Längs- und Querdurchmesser einander nahezu gleich sind. Uebrigens ist, schon durch die gegenseitige Lage und den Druck bedingt, die polyedrische Form die vorherrschende.

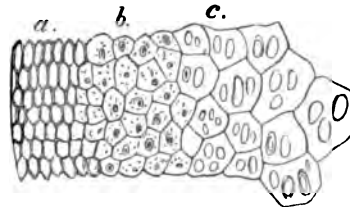


Fig. 28. Schnitt aus der Kartoffelknolle. a. Aeusseres Parenchym (Korkgewebe, Dauergewebe). c. Inneres Parenchym mit Stärkemehl. (Dauergewebe). b. Ur-Parenchym (Bildungsgewebe, Grundgewebe).

---

**Versuch:** Schnitt durch die Knolle von der Kartoffel (*Solan. tuberosum*, Fig. 28) oder Erdbirne (*Helianthus tuberosus*).

---

Die mannigfachsten Verschiedenheiten in der Einzelform finden sich wohl in dem aus sehr flachen Zellen bestehenden Parenchym, welches die äusserste Schicht in dem Gewebe des Körpers der höheren Pflanzen bildet und das man als Oberhautgewebe besonders bezeichnet. Namentlich zeigt sich diese Verschiedenheit bei der Oberhaut der Blätter (vergleiche diese, S. 28 Fig. 32 u. S. 31 Fig. 37) und den schon oben eingehender besprochenen Haarbildungen.

Die Beschaffenheit des Kurzzellgewebes betreffend, ist hervorzuheben, dass die Wandung der einzelnen Elemente meist mehr oder weniger dünnhäutig, selten dick und hart (z. B. *Phytelephas*) erscheint, bei zumeist reichlichem, wenn auch nicht immer flüssigem Inhalt.

Das gegenseitige Verhältniss derselben zu einander gestaltet sich so, dass die Wandungen nicht stets dicht gedrängt zusammenstossen, sondern häufig Zwischenräume zwischen sich lassen (Inter-cellularräume), welche entweder leer bleiben oder mit einer Substanz erfüllt sind (Inter-cellularsubstanz), die als ein Product der Zellenwandung anzusehen und mit den äussersten Verdickungsschichten der Aussenwände der Oberhautzellen (Cuticularschichten) und dem feinen Ueberzug der gesammten Oberhaut (Cuticula) in der chemischen Beschaffenheit übereinzustimmen scheint. In diese Hohlräume, die sich manchmal aneinanderschliessen und Inter-cellulargänge bilden, ragen auch wohl einzelne freie, sternchenförmige Zellen (*Nymphaeaceae*, *Utricularia*) hinein.

Dem Kurzzellgewebe oder Parenchym, welches die verbreitetste Gewebeform ist, gegenüber steht: das Langzellgewebe oder Prosenchym (Fasergewebe). Es besteht aus langgestreckten Zellen, deren Längsdurchmesser alle übrigen bedeutend überragt und die, dicht aneinander geschlossen, mit ihren keilförmig zugespitzten Enden ineinandergreifen. Ihre, in der Regel stark verdickten Wandungen sind entweder zäh und biegsam, wie im Bast, (*Cocos*, *Tilia*, *Linum*) oder sie erlangen eine bedeutende Starrheit und Festigkeit, während ihr flüssiger Inhalt ganz verschwindet und durch Luft ersetzt wird. Aus solchem Gewebe (Holzgewebe) besteht der Hauptsache nach das Holz, welchem bei den Laubhölzern Gefässe in mehr oder weniger grosser Zahl beigelegt sind, während das der Nadelhölzer aus reinem Langzellgewebe besteht (nur das Mark enthält Gefässe). Die einzelnen Elemente des letzteren sind dadurch charakteristisch ausgezeichnet und zu erkennen, dass sie eigenthümliche, von einem kreisförmigen Hof umgebene Tüpfel zeigen (siehe oben Zellenwandung), welche dadurch entstanden sind, dass die Verdickungsmasse der Zellwand bei ihrer Ablagerung verhältnissmässig grosse, kreisförmig begrenzte Räume (vergl. Fig. 29 u. 30) frei liess und sich bei zunehmender Ausdehnung über denselben zusammenwölbte, so zwar, dass sie selbst





100

100

100

100

100

wieder, allmählich sich verengend, kreisförmig begrenzt wird. Der äussere der beiden concentrischen Kreise des, auf dem radialen Längsschnitt in Flächenansicht erscheinenden Tüpfels, stellt demnach den Umriss der von vornherein unverdickt gebliebenen Stellen der Zellwandung vor, während der innere als der nach und nach sich verengende Rand der Verdickungsmasse anzu sehen ist.

### Versuche:

Man fertige in der bereits oben angegebenen und mehrfach geübten Weise, mit Hilfe des Rasirmessers, möglichst dünne Schnittchen von dem Holz der Kiefer (*Pinus silvestris* L.) an. Zunächst Querschnitte möglichst senkrecht gegen die Längsachse, dann Längsschnitte sowohl in der Richtung des Radius, als in der der Tangente. (Da das Messer natürlich beim Gebrauch für Holz leicht stumpf wird, muss man sich wiederholt des zur Hand liegenden Streichriemens bedienen.) Die erlangten Schnitte, welche man in einem untergestellten Uhrglas aufgefangen, bringe man, nachdem man die allzu dick gerathenen ausgemustert, in eine kleine Porzellanschale und koche sie in derselben, nachdem man sie mit Aetzkallauge übergossen, einmal auf, um das Harz zu lösen und das Gewebe zu lockern. Auch kann man sie längere Zeit in verdünnter Lauge liegen lassen. Hierauf bringe man sie in ein anderes Gefäss (Tigel, Uhrglas) mit destillirtem HO und lasse sie längere Zeit in demselben oder koche sie und bringe endlich die so vorbereiteten (natürlich wählt man wieder die dünnsten aus), mit Hilfe der Pincette oder eines Glasstäbchens auf den bereit gehaltenen Objectträger. Hier betropft man sie wieder mit Wasser, dem man Glycerin, oder flüssiges Chlorcalcium zusetzt, und legt in bekannter Weise das Deckglas auf. Die vorhandenen Luftblasen entfernt man hier bei diesen festen Präparaten am sichersten und bequemsten, indem man den mit dem fertigen Präparate belegten Objectträger über der Spirituslampe oder dem Bunsen'schen Brenner erhitzt, bis man die Bläschen allmählich zum Rande des Deckglases sich dehnen sieht. Nachdem man die abgekühlten unter das Mikroskop gebracht, wird man die Textur des Holzes auf dem Querschnitt deutlich erkennen. Der radiale Längsschnitt zeigt uns deutlich die Flächenansicht der Tüpfel mit ihrem Hofe (s. Fig. 29). Der tangentielle zeigt uns dieselben (s. Fig. 30) in der Mitte durchschnitten. Man wiederhole diese Versuche zunächst mit verschiedenen anderen Nadelholzarten (*Taxus*, Fichte *Picea vulgaris*, Weissstanne *Abies pectinata*) und wird bei allen im Wesentlichen dieselben Ansichten bekommen. Vergleicht man nun mit diesen zahlreichen von Laubhölzern entnommene Präparate, so wird man das Fehlen der gehöften Tüpfel sofort bemerken, wenn auch (z. B. bei der Linde) punctirte Wandungen und einfache Tüpfel sich zeigen. Steht uns nun ein Stückchen Braunkohle zur Verfügung, welches noch einiger Maassen die faserige Textur des Holzes erkennen lässt, so wird es uns vielleicht nach mehrfachen vergeblichen Versuchen gelingen, auch hier einige Schnittchen zu gewinnen, welche

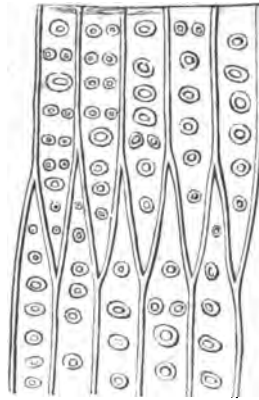


Fig. 29.  
Radialer Längsschnitt aus dem  
Holz von *Pinus silvestris*.



Fig. 30.  
Tangentialer  
Längsschnitt des  
Holzes von *Pinus  
silvestris*.

die gehöften Tüpfel erkennen lassen; eine Wahrnehmung, die uns zu dem Schluss berechtigt, dass die Braunkohle, der Hauptmasse nach, aus Nadelholzbäumen oder diesen nahestehenden Gewächsen entstanden ist.

#### b) Das zusammengesetzte Dauergewebe.

Während die bisher betrachteten Gewebeformen den Grundbestandtheil des Pflanzenkörpers überhaupt und die bei den niederen Pflanzen einzige Art des Gewebes, das Zellgewebe im engeren Sinne darstellen, tritt bei den höheren Pflanzen eine wesentlich andere Form desselben als charakteristisch auf, die der Hauptsache nach dadurch gekennzeichnet ist, dass an der Bildung gewisser Gewebsparthien Elementarorgane zweiter Ordnung, die wir als Gefässe bezeichneten, theilnehmen. Daher der Name Gefässbündel, (Fibrovasalstrang) oder Leitbündel, weil die Saftcirculation hauptsächlich in diesen Parthien stattfindet. Auf dem Querschnitt der senkrechten Grundachse von *Pteris aquilina*, dem Adlersfarn sind sie deutlich zu erkennen und zu einer dem doppelköpfigen Adler ähnlichen Figur gruppiert (Fig. 41). Bricht man die Blätter von *Plantago major* ab, so ragen sie gewöhnlich fadenartig hervor. Durch Maceration kann man sowohl bei Früchten (*Datura Stramonium* Stechapfel) als bei Blättern die Parenchymtheile vollständig entfernen, so dass nur ein von den Gefässbündeln gebildetes Skelet übrig bleibt. Bei einem in oben bezeichneter Weise durch Alkohol oder dergleichen durchsichtig gemachten Blatt, kann man den Verlauf der aus Gefässbündeln (zusammengesetztem Dauergewebe) ge-



-



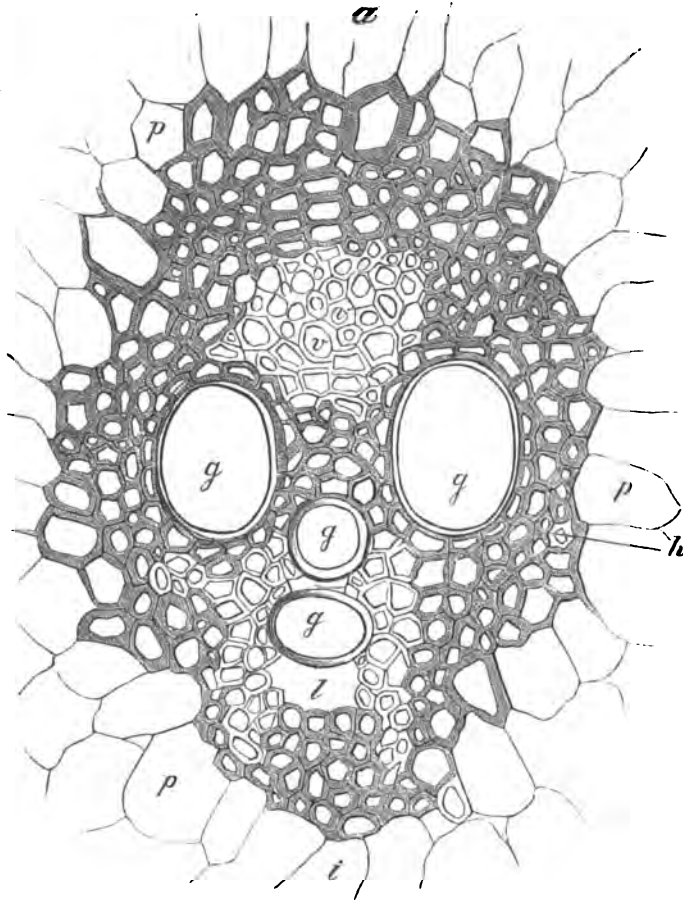


Fig. 31. Querschnitt eines geschlossenen Leitbündels (aus dem Stamm von *Zea mays*). gggg Gefässe. l Lufthaltige Lücke im Gewebe. vv Dickwandiges Dauergewebe. pp Dünnwandiges Parenchym. h Holzzellen. a Aeusserer (der Peripherie zugewendete), i Innere (der Längsachse zugewendete) Seite.

bildeten, vielfach verzweigten Blattrippen unter dem Mikroskop bis in ihre feinsten Ausläufer verfolgen. Siehe Fig. 32.

Im Allgemeinen lässt ein solches, auf dem Querschnitt mehr oder weniger länglich rund erscheinendes Gefässbündel oder Fibrovasalstrang, s. Fig. 31, Querschnitt eines monocotylen Gefässbündels, einen nach Aussen gewendeten Basttheil (*Phloëm*) und einen nach Innen gewendeten Holztheil (*Xylem*) unterscheiden; zwischen beiden den aus Urparenchym bestehenden

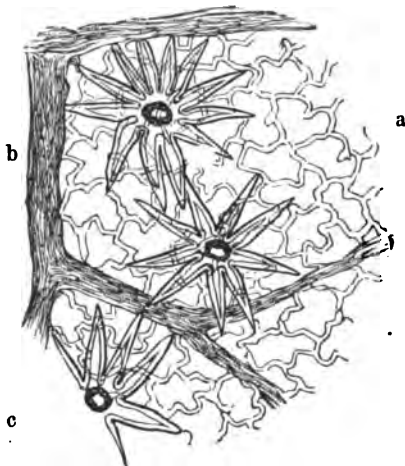


Fig. 32. Oberhaut der unteren Blattfläche von *Deutzia scabra*. a) Oberhautzellen, b) Blattrippen, c) freie Oberhautzellen (Sternhaare).

Cambiumtheil. In dem Holztheil lassen sich die zwischen die dickwandigen Holz- (Prosenchym-) Zellen eingestreuten Gefässe gg auf dem Querschnitt an ihrem grösseren Hohlraume leichterkennen. Auf dem Längsschnitt erscheinen sie durch die auf ihrer Innenwand abgelagerten Verdickungsschichten noch weiter als Spiral-, punctirte, netzförmige etc. Gefässe characterisirt. Erstere treten vorzugsweise bei den Leitbündeln krautartiger oder jüngerer Gewebstheile, letztere in älteren verholzten auf.

Einen wichtigen Unterschied zeigen aber weiterhin die Gefässbündel (Leitbündel), je nachdem sie den Farnen, den *Monocotylen* oder *Dicotylen* angehören, erstens in Betreff des Verhaltens ihres Cambiumtheiles, zweitens insofern, als sie noch andere Elemente, die man als Siebröhren, Milchsaftgefässe, Raphidenschläuche bezeichnet hat, enthalten.

Was zunächst den ersten Punkt betrifft, so finden wir bei den Farnen, den *Monocotylen* und einigen *Dicotylen* (*Piperaceen*, *Polygonaceen*, *Nymphaeaceen*) sogenannte geschlossene, d. h. solche Gefässbündel, deren Cambium in einem gewissen Stadium der Entwicklung aufhört weiter entwicklungsfähig zu sein und vollständig in Dauergewebe übergegangen erscheint. Offene Gefässbündel werden diejenigen genannt, deren Cambiumtheil fortwährend lebensthätig bleibt und fortfährt dem Leitbündel neue Elemente nach beiden Seiten zuzuführen, auch nach dessen Fertigstellung. Diese offenen Stränge finden sich in den verholzenden Achsentheilen der *Dicotylen*, während ihre Blattgebilde geschlossene enthalten.

Den zweiten Punkt betreffend ist hervorzuheben, dass schon im einfachen Gewebe zuweilen gewisse Elemente durch ihre Grösse sowohl, als durch ihren Inhalt (Raphiden, Krystalldrusen, Farbstoff) sich von den anderen Zellen wesentlich unterscheiden. Im zusammengesetzten Gewebe zeigen sich solche wesentlich verschiedene Elemente namentlich häufig bei den Leitbündeln in Form von langen Röhren im Basttheile derselben. Am häufigsten erscheinen in demselben die Siebröhren, als lange, weite, reihenweise übereinander gestellte, zartwandige Schläuche, die durch quer oder auch *schiefgestellte* Scheidewände getrennt sind, welche durch Ver-



[REDACTED]

,

dickungsschichten entweder siebartig gezeichnet oder mit der Zeit wirklich durchlöchert sind und dann den Namen Siebplatten führen. Sie enthalten meist schleimige Eiweissstoffe, zuweilen auch Milchsafte (*Acer*, *Convolvulaceae*).

Während diese Siebröhren ziemlich allgemein in dem Basttheil der Gefässbündel verbreitet erscheinen, gehören vollkommen entwickelte Milchsaftegefässe nach den bisherigen Erfahrungen nur einer geringen Anzahl von Familien an (z. B. *Cichoriaceae*, *Campanulaceae*, *Lobeliaceae*, *Papaveraceae*), in denen sie den Basttheil der Fibrovasalstränge in allen Theilen der Pflanzen als netzartig anastomosirende Röhren begleiten.

Bei den Farnen kommen echte Milchsaftegefässe nicht vor, auch bei den *Monocotylen* sind sie bis jetzt nicht beobachtet. Denn der in den Zwiebelschalen von *Allium Cepa* häufige Milchsafte findet sich in langgestreckten Zellen, deren Querwände siebartig vertheilte Verdickungsschichten zeigen, ohne wirklich durchlöchert zu sein. Aehnliche Zellreihen zeigen sich in den Zwiebeln von *Narcissus*, *Leucojum*, *Galanthus*, sie enthalten hier aber nicht Milchsafte, sondern Raphiden.

## C. Ueber den anatomischen Bau der äusseren (zusammengesetzten) Organe des Pflanzenkörpers.

Wir sind schon früher mit der Thatsache bekannt geworden, dass der Körper der niedersten Pflanzen (*Thallophyten*) eine äussere Gliederung in Achsen- und Anhangsorgane nicht wahrnehmen lässt, wenn wir auch bei manchen derselben eine gewisse Neigung, einen derartigen Gegensatz gewissermassen zu imitiren, herrschend finden (z. B. wurzelartige Bildungen bei *Caulerpa*, *Botrydium*, Wurzel, Stengel, Blatt, bei *Fucus*).

Ein deutlich vom Achsentheil so zu sagen emancipirtes Blatt zeigt sich zuerst bei den Moosen. Von ihnen aufwärts steigend, finden wir es überall in mehr oder weniger vollkommener Entwicklung auftretend.

### 4. Anatomischer Bau der Anhangsorgane oder Blätter.

Wie die Blätter, wenn wir die Stufenleiter pflanzlicher Organismen in aufsteigender Reihe betrachten, uns zuerst bei den Moosen begegnen, so zeigen sie bei diesen auch den einfachsten Bau.

Die Flächenansicht eines solchen, vergl. Fig. 17, (z. B. von *Mnium hornum*, *cuspidatum*, *undulatum*) lässt uns die in einer

Ebene aneinander gefügten, fast gleichartig gebildeten Zellen erkennen. Nur die Mittellinie ist durch dichter gedrängte Zellen markirt, die eine Art Mittelrippe bilden. Auch am Rande sind die Zellen schmaler, oft in freie Zähnen auslaufend.

Dass die Blätter der Moose in der That aus nur einer Zellschicht bestehen, zeigt am deutlichsten die Betrachtung des Querschnittes eines solchen: (Fig. 33, Querschnitt des Blattes von *Mnium*.)

Eine Abweichung von dieser allgemeinen Eigenschaft zeigen nur die Blätter der Weissmoose, deren Bau bei aller Einfachheit

doch so wesentlich eigenthümlich ist, dass sie gerade durch denselben vorzugsweise für die Rolle geschickt erscheinen, welche die Moose im Haushalte der Natur, speciell bei der Entwicklung der Pflanzendecke der Erde, spielen.



Fig. 33.

Die Blätter dieser Moose bestehen nämlich nicht aus einer einzigen, sondern in der Regel aus drei Zellschichten (s. Fig. 34, 35, 36, Querschnitte der Blätter von *Octoblepharum albidum*, *Leucobryum glaucum*, *Leucophanes cuspidatum*, a. mittlere Zellenreihe\*).).

Zwei äussere Schichten, aus grösseren Elementen bestehend, schliessen eine innere Schicht (a) ein, deren einzelne Zellen schlauchförmig gestaltet und allein chlorophyllhaltig, also lebensfähig sind.

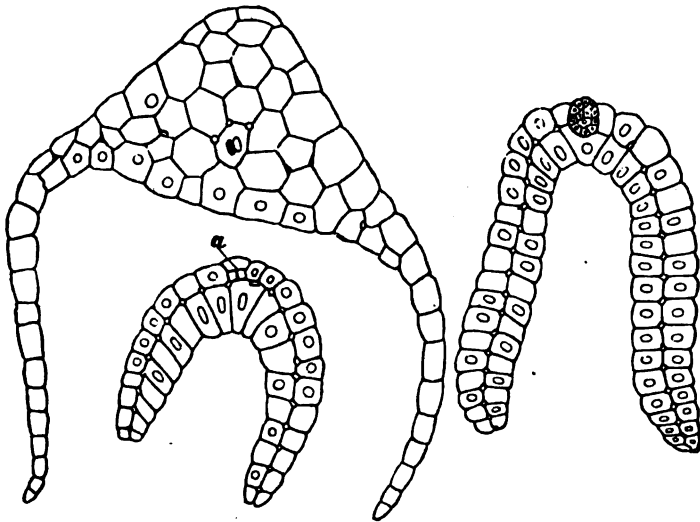


Fig. 34 u. 35.

Fig. 36.

\*) Vergl. C. Müller, In der Natur. Jahrg. 77.





Die anderen beiden dagegen besitzen Poren und keinen anderen Inhalt, als das in diese aufgenommene und in ihnen aufgehaltene, von hier aus allmählich der inneren Schicht zukommende Wasser. Auf dürrer Sandboden zuerst ein kümmerliches Dasein führend, vermag ein solches Moospolster, indem sich auf den verwesenden Leibern untergegangener Generationen immer und immer neue entwickeln, denselben nicht nur zu befestigen, sondern auch nach und nach für höhere Vegetation tauglich zu machen und selbst der Entwicklung des Waldbestandes durch Festhalten der Feuchtigkeit wesentliche Dienste zu leisten. Solche Poren, wie die beschriebenen, finden sich ausserdem nur bei den Arten der Gattung *Sphagnum*, die bei der Torfbildung eine bekannte wichtige Rolle spielen. Ihre Blätter bestehen aus einer Schicht von zweierlei Zellen, von der die grösseren mit Poren versehen sind.

Viel complicirter erscheint der Bau des Blattes bei den mit Gefässen resp. Leitbündeln versehenen Pflanzen, indem diese wesentlichen Elemente des Pflanzenkörpers hier sich mehr oder weniger bemerklich machen.

Betrachten wir zunächst die Oberhaut des Blattes irgend einer höheren Pflanze (dieselbe lässt sich in den meisten Fällen mit Hülfe des Messers leicht ablösen), so sehen wir, dass dieselbe von mehr oder weniger regelmässig polyedrisch begrenzten Zellen gebildet wird, s. Fig. 32. Dieselben stossen zwar mit ihren Kanten dicht aneinander, lassen aber (namentlich, wenn das Präparat von der unteren Blattseite stammt) zwischen sich mehr oder weniger zahlreiche kleine Oeffnungen (Spaltöffnungen) erkennen, welche durch je zwei halbmondförmige, mit der concaven Seite einander zugekehrte Zellen (Schlusszellen), eingeschlossen werden (Fig. 37, Epidermis der unteren Blattseite von *Helleborus foetidus*, a. Schlusszellen der Spaltöffnungen\*). Diese Oeffnungen, welche den Verkehr der inneren Blattsubstanz mit der umgebenden Atmosphäre vermitteln, führen zunächst in einen kleinen Hohlraum, die Athemhöhle. Diese aber steht mit den das Gewebe durchziehenden Intercellulargängen in Verbindung. Besonders zahlreich finden sich die Spaltöffnungen auf der Unterseite des Blattes, weniger häufig oder gar nicht auf

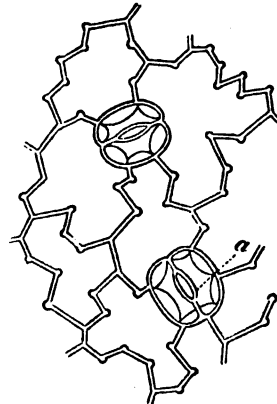


Fig. 37.  
Oberhaut der unteren Fläche des  
Blattes von *Helleborus foetidus*.  
a. Schlusszellen der Spaltöffnungen.

\*) Zu empfehlen eine auf möglichst zahlreiche Objecte sich erstreckende vergleichende Betrachtung der Oberhaut verschiedener Blätter, sowie ihrer Spaltöffnungen nach Zahl und Form.

der Oberseite. Auch den grünen Theilen des Krautstengels fehlen sie nicht, wohl aber den untergetauchten Blättern der Wasserpflanzen, und ebenso denen der echten Schmarotzer (*Viscum*), die auf Kosten des fertigen Nahrungssaftes anderer Pflanzen leben. Bei den auf dem Wasser schwimmenden Blättern (*Nymphaeaceen*) befinden sie sich nur auf der oberen, der Luft und dem Licht zugekehrten Seite.

Häufiger ist die Oberhaut des Blattes mit besonders gestalteten, manchmal sehr zierlich sternförmigen Zellen besetzt (Sternhaare bei *Elaeagnus*, *Olea*, *Hippophaë*, *Deutzia*, vergl. Taf. 1, 2, 3 und Fig. 32), welche, die Oberfläche des Blattes vergrößernd, die Lebensthätigkeit desselben jedenfalls unterstützen.

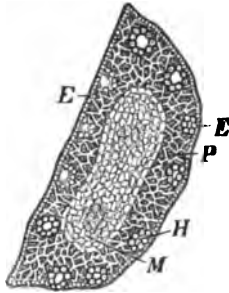


Fig. 38. Querschnitt des Blattes von *Pinus silvestris*.

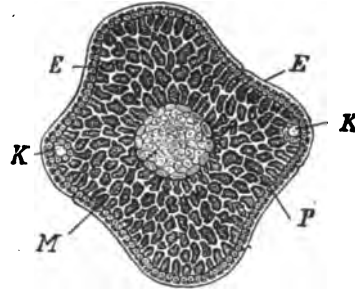


Fig. 39. *Picea vulgaris*, Fichte. Querschnitt des Blattes.

E. Epidermis, P. Aeusseres, chlorophyllhaltiges Parenchym, H. Harzgänge von Bastrohren umgeben, M. Inneres, farbloses Parenchym (Mark). Bei Fig. 39 bedeutet K. Harzgänge.

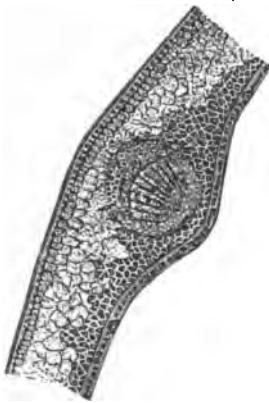


Fig. 40. Querschnitt des Blattes von *Camellia japonica*.

Um Kenntniss von dem inneren Bau des Blattes zu erlangen, ist es nothwendig, dass wir den Querschnitt eines solchen betrachten. Dadurch erfahren wir, dass dasselbe im Allgemeinen besteht aus der durch flache Zellen gebildeten Oberhaut, aus einer auf dieselbe folgenden Schicht langstreckiger Zellen, der Pallisadenschicht, und dem inneren Parenchym oder Grundgewebe. Das letztere führt vorzugsweise Blattgrün als Inhalt, ist von Leitbündeln (welche die Blattrippen bilden), die aus dem Stengel in dasselbe eintreten, durchzogen und als der eigentlich lebensthätige Theil des Gewebes anzusehen. (Fig. 38, 39, 40.)









#### Bau der aufsteigenden Achse (des Stengels).

Zum Schluss sei noch erwähnt, dass auch bei den Blättern meist noch ein homogener Ueberzug von sehr wechselnder, meist sehr unbedeutender Stärke wahrnehmbar ist, die sogenannte Cuticula. Dieselbe ist der Intercellularsubstanz verwandt, wird wie diese durch Jod braungelb gefärbt und durch Schwefelsäure nicht zerstört. Sie überkleidet die ganze der Luft ausgesetzte Oberfläche der höheren Pflanzen. Die äusseren Wandungen der Zellen zeigen oft schichtenweise Ablagerung derselben.

### 5. Bau der aufsteigenden Achse (des Stengels).

Was die Oberhaut des Stengels betrifft, so zeigt sie bei den krautigen grünen Stengeltheilen im Wesentlichen dieselbe Beschaffenheit, wie die des Blattes; wie wir denn das Blatt auch mehr oder weniger als ein Product des Bestrebens der aufsteigenden Achse, der Luft und dem Lichte eine möglichst grosse Fläche darzubieten, anzusehen haben. Bei ausdauernden Gewächsen, resp. Stengeltheilen, treten eigenthümliche Umwandlungen der Oberhaut ein, die grossentheils auf einer Verdickung, namentlich ihrer Aussenwandungen beruhen, aber auch durch eine Vermehrung ihrer Elemente bedingt werden, wodurch die Bildung der Borken-, Rinden- und Korkschichten entsteht.

Den inneren Bau des Stengels erkennen wir durch Beobachtung von Längs- und Querschnitt desselben.

Bei den Moosen, die ja zuerst einen solchen aufweisen, besteht er ausschliesslich aus Zellen (Parenchym).

Complicirter wird der Bau bei den Farnen, wo zu den Zellen wenige, aber starke (bei den Bärlapparten ist nur ein einziges centrales vorhanden) Gefässbündel hinzutreten, die in ihrer Anordnung eine gewisse Regelmässigkeit zeigen, so dass sie auf dem Querschnitt zierliche Figuren bilden, wie den doppelköpfigen Adler bei *Pteris aquilina* (Fig. 41, Querschnitt der senkrechten Grundachse von *Pteris aquilina*).



Fig. 41.

Bei den Nacktsamigen fehlen wiederum die Gefässe fast ganz, nur im centralen Markcylinder und als Umgebung der Harzgänge (vergl. Fig. 42 und 43 *hz*) sind einige vorhanden. Dagegen ist das Holz derselben characterisirt durch die bereits oben beschriebenen, an den Enden zugespitzten Holzzellen, die auf dem Querschnitt viereckig erscheinen und auf ihren wenig verdickten Wandungen die charakteristischen gehöften Tüpfel zeigen. (Vergl. Fig. 29 und 30). Die Figuren 42 und 43 a. f. S. zeigen Querschnitte eines 1 und eines 2jährigen Nadelholzstämmchens.

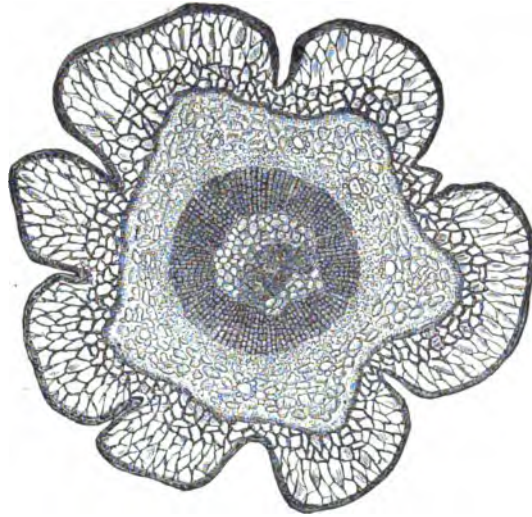


Fig. 42.

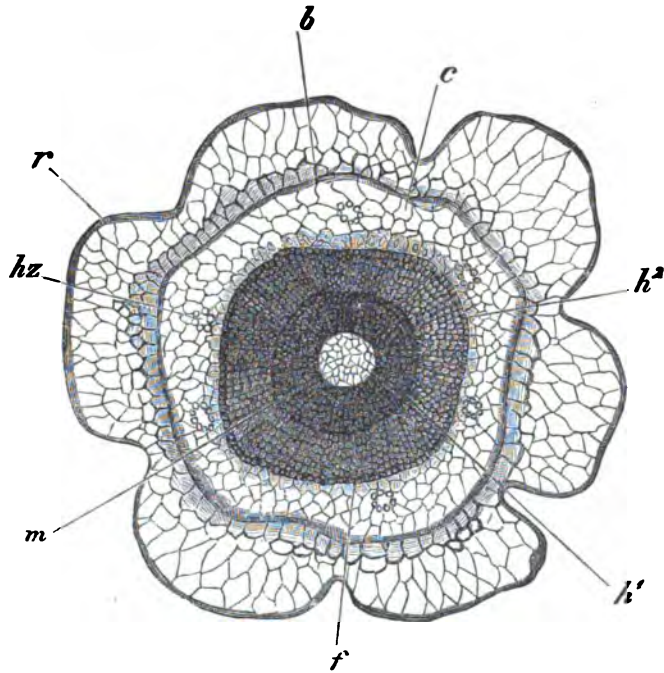


Fig. 43. Querschnitt eines 2jährigen Zweiges von *Picea vulgaris*. m Mark. h1 Holz, erster Jahresring. h2, zweiter Jahresring. c Cambium. hz Harzgänge. b Bast. r Kork und Rindenschicht. f Markstrahlen.





Bei den Bedecktsamigen treten die Leitbündel überall als wesentliche Bestandtheile des Stengels auf, so zwar, dass sie einen wichtigen Characterzug für die Scheidung derselben in die beiden Classen der *Dicotyledonen* und *Monocotyledonen* abgeben und die Beschaffenheit des Holzes in Betreff seiner Nutzbarkeit beeinflussen. Sie bedingen diese Eigenthümlichkeit sowohl durch ihre Anordnung, als durch ihre Beschaffenheit.

Was zunächst die *Monocotyledonen* betrifft, so ist in Betreff der Anordnung hervorzuheben, dass die Leitbündel bei allen, durch das Parenchym des Stengels zerstreut, auftreten, indem sie dasselbe, oft mehrfach sich kreuzend, der Länge nach durchziehen. Sie stehen im Allgemeinen nach Aussen zu dichter gedrängt, nach Innen weitläufiger. Hier ist auch der Durchmesser der einzelnen meist bedeutender. Die Form ist bandartig, auf dem Querschnitt concav-convex (vgl. Fig. 44, Quer- und Längsschnitt eines *Monocotylen*-Stengels). Die Beschaffenheit weiter anlangend, so ist schon oben erwähnt, dass sie nur so lange neue Elemente bilden, bis das Blatt, in welches sie auslaufen, abstirbt, man nennt sie deshalb geschlossene. Der Cambiumtheil derselben vermittelt dann nur noch die Saftleitung. Da die Belaubung in den höheren Regionen und in späterem Alter eine reichere ist, finden wir die Stämme ausdauernder *Monocotylen* (Palmen) in der Regel oben dicker als unten.

Die bei dem hohlen Stengel mancher *Monocotylen* (Gräser) entstehende, durch Querwände (Knoten) unterbrochene innere Höhlung entsteht durch Zerreißen des centralen, von keinen Gefässbündeln durchzogenen Markgewebes. Die Knoten treten da auf, wo Gefässbündel, um in das Blatt einzutreten, quer übertreten. Wir finden deshalb, dass der knotenlose Stengel, der bei manchen von ihnen (*Molinia*) vorhanden, zugleich grundständige Blätter hat, eine Anordnung, die bei den *Cyperaceen* zur Regel wird.

Beim *Dicotylen*stengel besteht das Eigenthümliche der Anordnung darin, dass die Gefässbündel nicht mehr zerstreut, sondern in einen Kreis geordnet auftreten. Je nachdem die einzelnen sich entweder dicht aneinander schliessen, oder durch zwischen- geschobenes Parenchymgewebe mehr oder weniger getrennt werden,

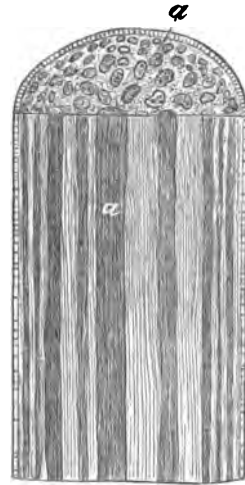


Fig. 44. Quer- und Längsschnitt eines monocotylen (Palmen-) Stengels. a. Gefässbündel. Der Peripherie zunächst kleinere, zahlreiche, dichter gedrängt. Gegen das Centrum hin weniger, grössere.

bilden sie den Holz- oder Krautstengel. Selten zeigen sich ausserhalb der kreisförmig angeordneten noch zerstreute, so bei den *Piperaceen* und *Nymphaeaceen*.

Durch diese Anordnung der Gefässbündel, die die Form betreffend, mehr fadenartig, auf dem Querschnitt oval, nach Aussen breiter erscheinen, sowie durch ihr andauerndes Wachstum (sie werden offene genannt) wird bedingt, dass wir im Dicotylenstengel folgende Regionen unterscheiden können: Vergl. Fig. 45 u. 46. 1. Mark, 2. Holz, 3. Lebensring (Cambium), 4. Bast (faserige Rinde), 5. Rinde (zellige Rinde, Kork-Rindenschicht und Oberhaut). Zwischen den einzelnen Leitbündeln hindurch sendet der Markcyylinder strahlenförmige Schichten, die ihn mit dem Cambium in Verbindung setzen und 6. Primäre Markstrahlen genannt werden. Kürzere Markschichten treten innerhalb der einzelnen Gefässbündel als secundäre auf. Auf dem Längsschnitt des Holzes erscheinen diese Markschichten als sogenannte Spiegelschichten. Alle übrigen Schichten bestehen aus Dauergewebe, nur das Cambium allein aus Urparenchym.

Es ist die letztere die Region, in der fortwährende Neubildung stattfindet, aus der nach Aussen und Innen neue Schichten abgegeben werden, wodurch der Stamm in die Dicke wächst. Da nun zu gewissen Perioden des Jahres, bei uns im Winter, in den Tropen während der heissesten regenlosen Zeit, ein Stillstand im Wachstum ein-

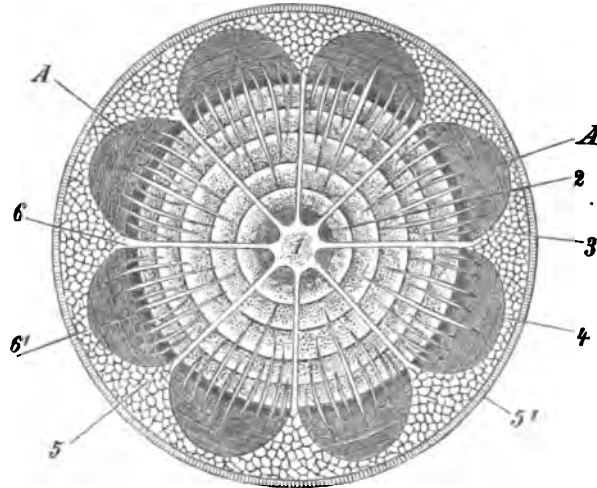


Fig. 45. Querschnitt eines 5jährigen Dicotylen-Stengels (schematisch). A. Gefässbündel. 1. Mark. 2. Holz. 3. Cambium (Lebensring). 4. Bast. 5. Rinde. 5' Oberhaut. 6. Primäre Markstrahlen. 6' Secundäre Markstrahlen.







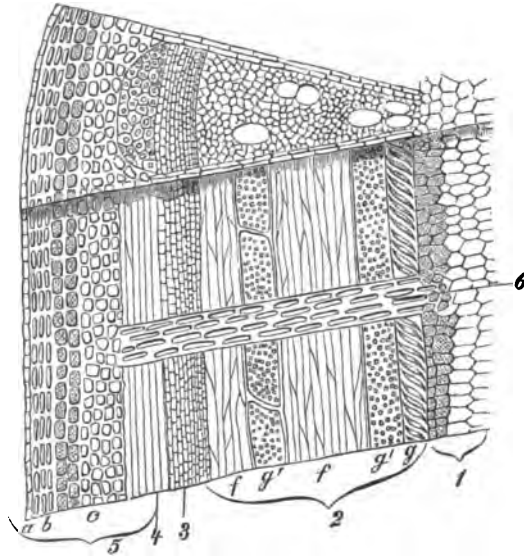


Fig. 46. Quer- und radialer Längsschnitt eines Dicotylen-Stammes. 1. Mark. 2. Holz (g Spiralgefässe. g' Punctirte Gefässe. f. Holzzellen.). 3. Cambium. 4. Bast. 5. Rinde (c. Innere zellige Rinde. b. Korkschicht. a. Oberhaut.). 6. Markstrahl.

tritt, auch die im Beginn jeder neuen Wachstums-Periode gebildeten Elemente ein lockeres Gefüge und einen grösseren Reichthum an Gefässen zeigen, als die späteren, so markiren sich die Bildungen jeder einzelnen mehr oder weniger deutlich. Man kann daher bei dicotylishen Holzgewächsen und Nadelhölzern aus der Anzahl der Holzschichten, die aut dem Querschnitt als concentrische Ringe, Jahresringe, mehr oder weniger deutlich zu erkennen sind, einen ziemlich sicheren Schluss auf das Alter des betreffenden Stammes ziehen und nebenbei erkennen, dass die Wachstumsverhältnisse des einen Jahres nicht dem der anderen gleich günstig gewesen. Auch die Producte des Frühjahrs- und Herbstwachstums (Johannistriebes) sind in verschiedener Deutlichkeit und weniger scharf gesondert, kenntlich.

## 6. Bau der absteigenden Achse (Wurzel).

In ihrem Bau mit dem Stengel, der aufsteigenden Achse, als deren natürliche Fortsetzung nach unten sie morphologisch erscheint, übereinstimmend, zeigt die Wurzel oder absteigende Achse in Betreff der Beschaffenheit ihrer äussersten Schicht, der Oberhaut, und der ihrer äussersten Spitzen, doch wesentliche Eigenthümlichkeiten, welche den Bestimmungen, die sie im Pflanzenleben

zu erfüllen hat und den Medien, die sie umgeben, entsprechen, resp. durch dieselben bedingt werden.

Die äusserste Schicht oder Oberhaut zunächst, besteht aus eigenthümlich dickwandigen, nach aussen abgeplatteten Zellen (*Epiblema*), welche des Chlorophylls entbehren und sich häufig zu haarartigen Verlängerungen (Wurzelhaaren, Wurzelfasern) ausdehnen. Erst in hohem Alter und an der Luft tritt allmählich Kork- und Borkenbildung auf.

Weit charakteristischer noch als diese Eigenthümlichkeit ist für die Wurzelgebilde die Beschaffenheit ihrer Spitze. Dieselbe wird aus fortwährend in der Neubildung begriffenem Parenchymgewebe gebildet (Wurzelschwämmchen), aus dem sich wieder etwas derbere Gewebeschichten absondern; sie sind als schützende Kappe vor die erstere gelagert und bilden die sogenannte Wurzelhaube. Diese letztere bildet demnach die äusserste Zellschicht der Wurzelspitze, hinter resp. über der unmittelbar sich die jüngsten Neubildungen derselben befinden.

---

### **Anleitung, betreffend die Aufbewahrung selbstgefertigter mikroskopischer Präparate.**

Um gelungene selbstgefertigte Präparate längere Zeit aufbewahren zu können, kommt es darauf an, die in einem durchsichtigen, conservirenden Medium liegenden durch das Deckglas luftdicht abzuschliessen. Zur Erreichung dieses Zweckes bedient man sich verschiedener Mittel. Wir empfehlen folgendes Verfahren, ohne damit für den Kenner etwas Neues bringen zu wollen:

Sehr feste Präparate, z. B. Diatomeenpanzer, bewahre man in Canadabalsam, der flüssig auf das Präparat, zwischen Objectträger und Deckglas gebracht, nach seiner Erhärtung beide dauernd verbindet.

Alle zarten Präparate bewahre man in Glycerin, dem man ein Wenig destillirten Wassers zusetzt, auf. Flüssiges Chlorcalcium lässt das darin liegende Object mit der Zeit zu durchsichtig erscheinen. Man Sorge zunächst dafür, dass alle unter dem Deckglas in der Flüssigkeit befindliche Luftbläschen entfernt werden und beseitige jede über den Rand des Deckglases hervortretende Spur der ersteren durch Aufsaugen mit Filtrirpapier, das man vorsichtig an den Rand des letzteren bringt. Alsdann trage man einen schmalen Streifen von Asphaltlack, der möglichst bis zur Consistenz des Syrups eingedickt ist, an den Rand des Deckgläschens mit einem feinen Pinsel oder Holzstäbchen da auf, wo dasselbe den Objectträger berührt. Zur Sicherung eines guten Abschlusses wiederhole man das Verfahren nach einiger Zeit, wenn die erste Lage ziemlich fest geworden. — Will man einen, wenigstens für einige Zeit ausreichenden Abschluss erzielen, so zünde man einen gewöhnlichen Wachsstock an, blase denselben aus und fahre mit dem (nicht glühenden) Dachte desselben an dem Anschlussrande von Deckglas und Objectträger entlang. Man erhält alsdann einen für's Erste sicheren Abschluss, durch einen dünnen Wachsüberzug.

---





## II. Physiologie.

(Die Lehre von der Lebensthätigkeit der Pflanze.)

---

Bevor wir zur Betrachtung der Lebensthätigkeit der Pflanze selbst schreiten, sei zunächst die Frage erörtert: Was heisst denn „Leben“ überhaupt? Wir geben darauf die Antwort:

Leben heisst fremde Stoffe aufnehmen, diese der eignen Körpersubstanz gleich machen (assimiliren) und dadurch sich erhalten.

Zu dieser einfachsten Form der Lebensthätigkeit tritt in den höheren Regionen des organischen Lebens allerdings noch die Fähigkeit der selbständigen Ortsbewegung, sowie die der Reizempfänglichkeit gegenüber der Aussenwelt (Empfindung). Da aber diese letzteren beiden, wenn auch nicht ausschliesslich, so doch in bevorzugter Weise dem Thierleben eigen sind, hat man sie als animale, die erstere Form des Lebens als vegetative Lebensthätigkeit bezeichnet.

Mit dieser werden wir es hier, wo wir uns mit der Lebensthätigkeit der Pflanze zu beschäftigen beabsichtigen, vorzugsweise zu thun haben.

Sie selbst aber erstreckt sich in erster Linie auf Erhaltung des Einzelwesens (Ernährung). Indessen geht das Einzelwesen, als solches, trotz der besten Ernährung schliesslich zu Grunde, aber nicht, ohne Wesen hinterlassen zu haben, die, nach vollkommener Ausbildung auf Kosten fremder Stoffe, dem mütterlichen Organismus gleichen. So sehen wir, wie das Leben, einem nie versiegenden Strome gleichend, durch die Einzelwesen gleichsam hindurchfliesst, dieselben stetig mit einander verbindend.

Das Einzelwesen geht zu Grunde, die Art ist beständig.

Diesen Satz könnte man demnach als allgemein giltigen aufstellen, wenn nicht die Entwicklungsgeschichte unseres Erdkörpers, die wir studiren in jenem Buche, das die Erdrinde für das Auge

des Forschers darstellt, zahlreiche Arten verzeichnete, deren Existenz aus dem Buche des Lebens gestrichen ist; wenn nicht die neuere Naturforschung mit durch ernste Beobachtung gekräftigter Hand gewaltig rüttelte an dem Satze von der Unwandelbarkeit der Arten. (Darwin's Theorie.)

## A. Erhaltung des Einzelwesens (Ernährung).

Wie der Lebensprocess aller organischen Körper, so ist auch der der Pflanze mit einem Verbrauch der eigenen Substanz verbunden. Dieser Verlust wird durch Aufnahme fremder Stoffe ersetzt. Der Ersatz wird als Ernährung bezeichnet, die bezüglichlichen Stoffe selbst als Nährstoffe, Nahrungsmittel. Es tritt nun die Frage an uns heran: .

1. Welches sind denn jene Stoffe, die zur Erhaltung des Pflanzenkörpers im Allgemeinen dienen?
2. In welcher Art und Weise werden dieselben aufgenommen?

### 1. Welche Stoffe dienen zur Erhaltung des Pflanzenkörpers? oder: Von den Nährstoffen der Pflanze.

Um zu einer Beantwortung der vorstehenden Frage zu gelangen, hat man zunächst untersucht, aus welchen Stoffen der Pflanzenkörper besteht und ist bis jetzt zu dem Resultate gelangt, dass von den bis jetzt bekannten (63) Grundstoffen oder chemischen Elementen 27 an dem Aufbau der pflanzlichen Organismen theilnehmen, doch ist die Theilnahme eine quantitativ ausserordentlich verschiedene, sowohl im Allgemeinen, insofern gewisse Stoffe überhaupt nur selten auftreten, als im Besonderen, insofern sie zwar häufig, aber stets nur in geringer Menge, obschon von höchstem Einfluss auf das Pflanzenleben (Eisen) erscheinen.

Die in Rede stehenden Grundstoffe, von denen die 7 ersten Metalloide und die ersten 4 Metalle sich in jeder Pflanze vorfinden, sind folgende:

- a) Metalloide: 1. Kohlenstoff (C), 2. Wasserstoff (H), 3. Sauerstoff (O), 4. Stickstoff (N), 5. Schwefel (S), 6. Phosphor (P), 7. Chlor (Cl), 8. Brom (Br), 9. Jod (J), 10. Fluor (Fl), 11. Bor (Bo), 12. Silicium (Si).







- b) Metalle: 13. Kalium (K), 14. Calcium (Ca), 15. Magnesium (Mg), 16. Eisen (Fe), 17. Natrium (Na), 18. Rubidium (Ru), 19. Lithium (Li), 20. Barium (Ba), 21. Strontium (Str), 22. Aluminium (Al), 23. Kobalt (Ko), 24. Nickel (Ni), 25. Mangan (Ma), 26. Zink (Zn), 27. Kupfer (Cu).

Selbstverständlich kommen diese Grundstoffe im Pflanzenkörper nicht als solche, sondern in den mannigfachsten Verbindungen miteinander vor, mit denen die organische Chemie uns näher bekannt zu machen, die Aufgabe hat und deren Kenntniss speciell für die Nahrungsmittellehre von grösster Wichtigkeit ist.

Zur Kenntniss der obengenannten Stoffe, die den Pflanzenkörper zusammensetzen, gelangt man aber dadurch, dass man die Verbrennungsprodukte desselben der chemischen Analyse unterwirft.

Diese letzteren sind zum Theil luftförmig: Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, zum Theil fest (Asche).

Eine der wichtigsten Rollen in der Lebensfähigkeit der höheren Pflanzenwelt spielt das Eisen, obwohl es nur in sehr geringer Menge auftritt: eine Rolle, welche an die erinnert, welche es auch in der höheren Thierwelt als notwendiger Bestandtheil gesunden, lebensfähigen Blutes zu spielen bestimmt ist. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass Eisen wohl als Bestandtheil des Blutes, noch nicht aber als solcher des Chlorophylls (höchstens in Spuren) hat nachgewiesen werden können, obwohl es zur Bildung desselben unbedingt notwendig ist, wie die Erfahrung lehrt.

Chlorophyll entwickelt sich nämlich nicht, wenn die Pflanze keine Spur von Eisen aufzunehmen im Stande ist (d. h. wenn man sie in einer Lösung erzieht, die nichts davon enthält). Das Blattgrün ist nun aber gerade der Stoff, der durchaus vorhanden sein muss, wenn die Pflanze unter Einwirkung des Lichtes die aufgenommene Kohlensäure zerlegen soll, deren Kohlenstoff vollständig, deren Sauerstoff wenigstens zum Theil zum Aufbau des Körpers nützlich ist. Der durch das Fehlen der Blätter bewirkte krankhafte Zustand der Pflanze, den man mit dem Namen „Chlorose“ (Bleichheit) bezeichnet, tritt auch dann ein, wenn der Zutritt des Lichtes von derselben abgehalten wird. Man kann das an den Schösslingen, welche im Keller überwinterte Kartoffelknollen oder andere vor dem Frost im dunklen Kellern gesaete Pflanzen im Frühjahr kühn wahrnehmen.

Der directe Beweis dafür, dass jene obengenannten 11 Grundstoffe für die Ernährung und das Gedeihen des Pflanzenkörpers unbedingt notwendig sind, kann man durch 2 Versuche, dass man Pflanzen in einer wässrigen Lösung ihrer Aschenbestandtheile, sogenannter Nährlösung, wachsen lässt. Die luftförmigen Bestandtheile werden durch die Blätter aufgenommen. Sobald von der



- b) Metalle: 13. Kalium (K), 14. Calcium (Ca), 15. Magnesium (Mg), 16. Eisen (Fe), 17. Natrium (Na), 18. Rubidium (Ru), 19. Lithium (Li), 20. Barium (Ba), 21. Strontium (Str.), 22. Aluminium (Al), 23. Kobalt (Ko), 24. Nickel (Ni), 25. Mangan (Ma), 26. Zink (Zn), 27. Kupfer (Cu).

Selbstverständlich kommen diese Grundstoffe im Pflanzenkörper nicht als solche, sondern in den mannigfachsten Verbindungen miteinander vor, mit denen die organische Chemie uns näher bekannt zu machen, die Aufgabe hat und deren Kenntniss speciell für die Nahrungsmittellehre von grösster Wichtigkeit ist.

Zur Kenntniss der obengenannten Stoffe, die den Pflanzenkörper zusammensetzen, gelangt man aber dadurch, dass man die Verbrennungsproducte desselben der chemischen Analyse unterwirft.

Diese letzteren sind zum Theil luftförmig: Kohlensäure, Wasser, Ammoniak, zum Theil fest (Asche).

Eine der wichtigsten Rollen in der Lebensthätigkeit der höheren Pflanzenwelt spielt das Eisen, obwohl es nur in sehr geringer Menge auftritt; eine Rolle, welche an die erinnert, welche es auch in der höheren Thierwelt, als nothwendiger Bestandtheil gesunden, lebensthätigen Blutes zu spielen bestimmt ist. Hierbei ist jedoch zu bemerken, dass Eisen wohl als Bestandtheil des Blutes, noch nicht aber als solcher des Chlorophylls (höchstens in Spuren) hat nachgewiesen werden können, obwohl es zur Bildung desselben unbedingt nothwendig ist, wie die Erfahrung lehrt.

Chlorophyll entwickelt sich nämlich nicht, wenn die Pflanze keine Spur von Eisen aufzunehmen im Stande ist (d. h. wenn man sie in einer Lösung erzieht, die nichts davon enthält). Das Blattgrün ist nun aber gerade der Stoff, der durchaus vorhanden sein muss, wenn die Pflanze unter Einwirkung des Lichtes die aufgenommene Kohlensäure zerlegen soll, deren Kohlenstoff vollständig, deren Sauerstoff wenigstens zum Theil zum Aufbau des Körpers nöthig ist. Der durch das Erbleichen der Blätter bewirkte krankhafte Zustand der Pflanze, den man mit dem Namen „Chlorose“ (Bleichsucht) bezeichnet, tritt auch dann ein, wenn der Zutritt des Lichtes von derselben abgehalten wird. Man kann das an den Schösslingen, welche im Keller überwinterte Kartoffelknollen oder andere vor dem Frost in dunklen Räumen geschützte Pflanzen im Frühjahr bilden, wahrnehmen.

Den directen Beweis dafür, dass jene obengenannten 11 Grundstoffe für die Ernährung und das Gedeihen des Pflanzenkörpers unbedingt nothwendig sind, kann man dadurch führen, dass man Pflanzen in einer wässerigen Lösung ihrer Aschenbestandtheile, sogenannter Nährlösung, wachsen lässt. Die luftförmigen Bestandtheile werden durch die Blätter aufgenommen. Sobald aber von

den oben genannten Bestandtheilen einer in der Lösung fehlt, wird ein krankhaftes Dahinsiechen und schliessliches Absterben des Organismus eintreten.

Trotzdem nun, dass keiner von ihnen fehlen darf, ist Werth und Bedeutung dieser Stoffe für die Pflanze in physiologischer Hinsicht sehr verschieden. Vor Allen sind fünf von ihnen in erster Reihe hervorzuheben: *Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, Schwefel*, die den grössten Theil des Pflanzenkörpers, er möge aus einer oder aus mehreren Zellen bestehen, zusammensetzen. Sie sind als die eigentlich plastischen Nährstoffe der Pflanze zu bezeichnen, während die übrigen schon an sich wegen ihrer geringen Menge für das Gebilde bedeutungsloseren Stoffe, mehr als den Assimilationsprocess unterstützende Beigaben, oder auch (die letzten 16) als unwesentliche\*), unter Umständen zufällige Beigaben anzusehen sein dürften. Denn nicht einmal für Jod (Jod, 1811 von Courtois in Paris entdeckt, beim Eindampfen der aus Tangasche, Kelp, gewonnenen Lauge.) und Brom, zwei Stoffe, die man nur in Seepflanzen findet, steht fest, dass dieselben für die Existenz derselben nothwendige Bestandtheile sind.

Unter den oben genannten, als plastische bezeichneten, ist es nun wieder der Kohlenstoff, der die hervorragendste Rolle spielt; denn es ist nachgewiesen, dass von der gesammten Trockensubstanz der Pflanze, dem Gewichte nach etwa die Hälfte aus Kohlenstoff besteht. Woher derselbe stammt, werden wir sehen bei Erörterung der folgenden Frage:

## 2. Wie wird die Aufnahme und Aneignung der Nährstoffe von Seiten der Pflanze bewirkt?

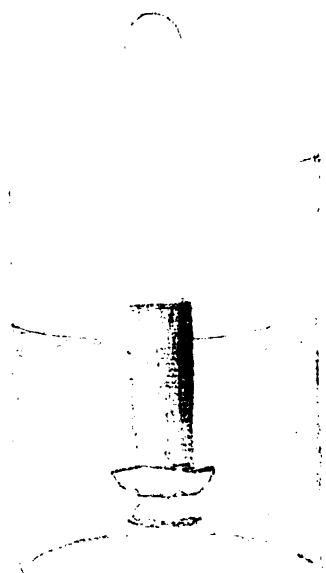
### a) Wirkung der Diösmose und Lösungskraft der Wurzelschwämmchen.

Alle Stoffe, die zur Ernährung des Pflanzenleibes dienen, können nur im luftförmigen oder im flüssigen Zustande durch Aufsaugung (Intussusception) aufgenommen werden. Die Ernährungsthätigkeit der einzelnen Zelle aber spiegelt die des aus einer Vielheit derselben gebildeten und differenzirteren Organismus wieder.

Bei einzelligen Pflanzen findet die Aufsaugung durch die ganze Oberfläche der Zellenwandung statt, während bei mehrzelligen diese Function zunächst gewissen Gewebspartien und auch äusserlich unterschiedenen Theilen des Ganzen (Wurzeln und Blättern) zufällt.

\*) Dies scheint z. B. für die häufig in der Epidermis abgelagerte Kieselsäure dadurch erwiesen, dass man sonst kieselsäurereiche Pflanzen (*Zea Mais*) durch künstliche Ernährung fast kieselsäurefrei und ohne merkliche Abnormität erzogen hat.





,



Bei Aufsaugung der flüssigen Nährstoffe, sowie bei Vertheilung derselben durch den Pflanzenkörper ist in erster Linie eine Kraft thätig, die auf der zuerst von Dutrochet erkannten Fähigkeit thierischer und pflanzlicher Häute beruht, Flüssigkeiten von verschiedener Dichtigkeit durch sich hindurch eine gegenseitige Vermischung zu gestatten. Man hat dieselbe als *Endosmose* und *Exosmose* (Diosmose) bezeichnet und ist sie als eine besondere Art der Diffusion zu bezeichnen, jenes Vorganges, durch welchen verschiedenartige, nebeneinander gelagerte, luftförmige oder flüssige, oder auch aufgelöste feste Stoffe sich mehr oder weniger gleichmässig vermischen. — Wasser z. B. und der viel leichtere, daher zunächst auf dem ersteren schwimmende Alkohol, durchdringen einander mit der Zeit vollständig, so dass sie ein gleichartiges Gemenge darstellen. Ebenso verhalten sich luftförmige Kohlensäure und atmosphärische Luft resp. Sauerstoff. Thierische und pflanzliche Häute vermögen nun zwar (wie auch poröse Scheidewände von Thon oder dergl.) zwei Flüssigkeiten zunächst auseinanderzuhalten, aber im Innern der zahlreichen, die organischen Häute durchsetzenden Kanälchen begegnen sich gleichwohl dieselben, so dass eine, wenn auch allmähliche Diffusion stattfinden kann, und zwar tritt stets eine grössere Menge der weniger dichten Flüssigkeit in die dichtere über, als umgekehrt.

---

### Versuch:

Das Wirken der diosmotischen Kraft suche man durch folgenden Versuch, den man in verschiedenartig abgeänderter Weise wiederholen kann, zu veranschaulichen: In ein mit Wasser gefülltes Glasgefäss ist eine cylindrische (mit einer Scala versehene) Röhre mit ihrem unteren Ende eingetaucht. Diese Röhre ist, nachdem man sie zuvor unten mit einer quer übergespannten organischen Haut (Thierblase, Kautschukmembran, oder der häutigen Hülse des Blasenstrauches (*Colutea*) geschlossen, mit einer Lösung von Gummi, Zucker oder blauem Kupfervitriol zum Theil erfüllt.

Nach einiger Zeit wird man bemerken, dass die Flüssigkeit in der oberen Röhre gestiegen, in der unteren aber gefallen ist. Es ist also von der unteren weniger dichten eine beträchtliche Menge in die obere weniger dichte übergetreten (*Endosmose*). Indessen ist auch, wie man durch den Geschmack, resp. an der Färbung (Kupfervitriol) leicht erkennen wird, etwas von der letzteren in die erstere übergegangen (*Exosmose*). Weiteren Beweis für beide Bewegungen erhält man, wenn man die Röhre mit Wasser, das äussere Gefäss aber mit gesättigter Lösung füllt. In diesem Falle wird man beobachten, dass die Flüssigkeit in letzterem steigt, in der Röhre aber fällt.

---

Bei der lebensthätigen Pflanze nun wirken die äussersten Spitzen der Wurzelfasern stets mit einer beträchtlichen endosmo-

tischen Kraft; denn ihre zarten, sich stets neu bildenden Zellen (Wurzelschwämmchen) bestehen aus einer zarten Haut, welche einen mehr oder weniger concentrirten flüssigen Inhalt einschliesst; dichter jeden Falls, als das verschiedene Salzlösungen enthaltende Wasser des Bodens. Es leuchtet ein, dass dieses, von Zelle zu Zelle, in Folge der endosmotischen Kraft, weiter vordringend, allmählich in die Wurzel und die anderen Theile der Pflanze eintritt. Bei im Wasser wachsenden Pflanzen ist die Aufnahme sehr leicht einzusehen. Bei im Boden wachsenden ist in Erwägung zu ziehen, in welchem Grade derselbe die Fähigkeit besitzt, Wasser zu verdichten. In sofern erscheint z. B. die allmählich eine humose Schicht bildende Moosdecke für die Waldvegetation von Wichtigkeit.

12/4 Indessen die farbigen wässerigen Lösungen allein reichen meist nicht hin für die Ernährung der Pflanze. Sie selbst ist bei Darstellung derselben thätig.

In Folge der exosmotischen Kraft nämlich tritt aus den Wurzelspitzen selbst fortwährend eine saure Flüssigkeit aus, fähig gewisse Bodentheilchen aufzulösen, die dann als wässerige Lösungen weiter befördert werden. Wir finden daher die zarten Wurzelfasern, wie wir leicht an jungen Getreidepflanzen wahrnehmen können, stets mit Theilchen des Bodens gleichsam verwachsen, so dass sie nur schwer von denselben befreit werden können. In dieser Weise wird ein grosser Theil der Nährstoffe, besonders Ammoniak-, Kali-, Phosphorsäure-Verbindungen, nur an den Verwachsungsstellen mit Bodentheilchen aufgenommen.

### Versuch:

Diese Fähigkeit der Wurzeln, vermöge des sauren, auch ihre oberflächlichen Zellhäute durchtränkenden Saftes, Stoffe aufzunehmen, die in reinem Wasser unlöslich sind, macht sich in sehr anschaulicher Weise geltend, wenn man (nach Sachs) polirte Platten von Marmor, Dolomit, Osteolith (phosphorsaurer Kalk) mit Sand handhoch bedeckt, und in diesem Samen keimen lässt. Die abwärts wachsenden Wurzeln treffen bald auf die polirte Fläche des Minerals und wachsen auf dieser, ihr dicht anliegend hin. Nach einigen Tagen findet man ein Bild des Wurzelsystems in rauen Linien auf der polirten Fläche eingeprägt.

### b) Auswahl der Nährstoffe durch die Pflanze, Aufsteigen und Vertheilung des Saftstromes.

Schon der letzterwähnte Umstand scheint dafür zu sprechen, dass die Pflanze die Fähigkeit besitze, unter den, ihren Wurzeln zur *Aufsaugung* dargebotenen Stoffen eine gewisse Auswahl zu





treffen. Noch mehr die Erfahrung, dass, wenn man verschiedenartige in demselben Wasser erwachsene Pflanzen (*Stratiotes*, *Hottonia*, *Eloëa*) auf ihre chemische Zusammensetzung untersucht, sich dieselben nicht nur in Betreff ihres Wassergehaltes und ihrer Trockensubstanz, sondern auch ihrer Aschenbestandtheile, sowohl in qualitativer als auch in quantitativer Hinsicht wesentlich von einander unterscheiden.

Ein entsprechendes Resultat ergibt die Analyse von in demselben Boden gewachsenen Landpflanzen.

Trotzdem muss angenommen werden, dass dieses „Wahlvermögen“ eine gewisse Beschränkung besitze, denn es werden doch auch unzuträgliche oder geradezu schädliche Substanzen (z. B. schwefelsaures Kupferoxyd) in beträchtlicher Menge aufgenommen. Vielleicht üben die Gesetze der Diosmose für die Aufnahme einen wesentlich bestimmenden Einfluss.

Die von den Spitzen der Wurzelfasern aufgenommenen wässrigen Lösungen, die, gleichviel aus welchem Grunde, doch immer mit einer gewissen Auswahl eintreten, und als roher Nahrungssaft bezeichnet werden können, gelangen als „aufsteigender Saftstrom“ von der Wurzel in den Stengel und, der Anordnung und Vertheilung der Leitbündel folgend, in die Aeste und deren Verzweigungen.

Von diesen in die Blätter übertretend, folgt er auch hier der Anordnung und Vertheilung der Blattrippen, deren Elemente mit dem angrenzenden lockeren Zellgewebe diosmotisch in Verbindung treten.

Bei Pflanzen, die der Leitbündel entbehren, findet ein Aufsteigen in bestimmter Richtung nicht statt und schreitet dasselbe von Zelle zu Zelle fort, wenn nicht, wie bei den Moosen, eine Richtung durch dichter gedrängte Zellgruppen, die schon als Prototyp der Leitbündel anzusehen wären, bestimmt wird. Viele dieser Zellenpflanzen entbehren auch der Wurzeln und findet bei ihnen eben die Aufsaugung durch die ganze Oberfläche des Thallus statt.

#### c) Unterstützung der endosmotischen Kraft durch Verdunstung und Capillarattraction.

Wenn wir nun auch nach dem Gesagten, die Kraft der Endosmose als das wesentlich Bewegende für das Aufsteigen\*) und Vertheilen des rohen Nahrungssaftes anzusehen haben, so wird dasselbe doch kaum mit solcher Energie vor sich gehen können, dass derselbe continuirlich bis in die äussersten Spitzen der höchsten

---

\*) Das Thränen abgeschnittener Weinreben, das Ansammeln beträchtlicher Saftmengen in den oben ausgehöhlten Stumpfen abgeschnittener Birkenstämme (Birkenwasser) liefert Beweis.

Bäume (30 Meter und mehr, *Wellingtonia* 100 Meter und darüber) vordringen könnte.

### Versuche

Die Energie des Aufsteigens, in diesem Falle durch Endosmose allein bewirkt, zu veranschaulichen resp. zu messen, befestige man auf dem Stumpf einer soeben etwa 18 Cm. über dem Boden abgeschnittenen Weinrebe, oder eines im Blumentopfe erzogenen Stammes, dicht anschliessend, eine womöglich graduirte Glasröhre; nach kurzer Zeit wird man bemerken, dass der aus der Schnittfläche austretende Saft allmählich höher steigt. (Hales, ein englischer Geistlicher, der den Versuch zuerst machte (1727), beobachtete eine Höhe von  $25-30' = 9,1437 \text{ M.}$

Um die Druckkraft zu messen, befestige man auf dem Stumpf eine Röhre, die einen seitlich abgehenden Uförmig nach oben gekrümmten Schenkel hat, in den man ein zweites engeres Rohr einfügt. Das erstere ist mit Wasser gefüllt und oben durch einen Kork verschlossen. Das zweite oben offene enthält Quecksilber. Nach einiger Zeit wird man bemerken, dass das Quecksilber steigt, natürlich unter dem Druck des durch die endosmotische Kraft der Wurzeln aufgetriebenen in das Wasser eintretenden Saftes. Nach neuesten Berechnungen gleicht dieser Druck dem einer Quecksilbersäule von 804 Mm. resp. einer Wassersäule von 10,30 M.

In der That findet die Endosmose jedenfalls eine kräftige Unterstützung durch die an der ganzen Oberfläche der Pflanze, namentlich aber in den Blättern, die ja der Luft und der Wärme eine bedeutende Fläche darbieten, stattfindende Verdunstung.\*) Gefördert wird die Verdunstung auch durch die bei vielen über die Oberfläche frei hervortretenden Zellen (Haare). Bei reichlicher Wasserzufuhr und hinter derselben zurücktretender Verdunstungsmöglichkeit, treten an den Spitzen der Blätter Wassertropfen auf (*Dracaena*, *Richardia*, Pflanzen unter einer Glasglocke, Thaubildung an den Spitzen der Grasblätter. Ursache ist einmal die Sättigung der umgebenden Luft mit Wasserdampf, im letzteren Falle die kurz vor Sonnenaufgang relativ niedrigste Temperatur).

Eine weitere Förderung findet das Aufsteigen des Nährsaftes noch in der Kraft der Capillarität, die man früher sogar als die einzige Ursache desselben hat ansehen wollen. Dieselbe ist nicht nur in den Hohlräumen der Elementarorgane, von denen nur die Gefässe als zusammenhängende Röhren erscheinen, sondern wahrscheinlich auch in den Wandungen derselben thätig, die als von unendlich feinen Kanälchen durchzogen anzusehen sein dürften.

\*) Blätter, namentlich junge, denen die Wasserzufuhr abgeschnitten, welken sehr schnell.

[REDACTED]

[REDACTED]

[REDACTED]

7

8

9



#### d) Periodische Unterbrechung des Saftstromes.

Bei krautigen Gewächsen, und vielleicht auch bei vielen Holzgewächsen wärmerer Himmelsstriche, findet eine immerwährende Einsaugung durch die Wurzelspitzen statt. Wo aber, wie bei uns im Winter, oder in der Tropenzone zur Zeit der grössten Trockenheit und Hitze, ein periodischer Stillstand, ein so zu sagen Latentwerden der Lebensthätigkeit eintritt, hört natürlich auch das Aufsteigen des Saftstromes auf, um erst bei dem Eintritt günstigerer Verhältnisse wieder zu beginnen.

Auch dann aber lässt sich ein Wechsel in der Energie desselben beobachten. Am stärksten zeigt sich dieselbe im ersten Frühjahr („Frühlingstrieb“), wenn die Holzgewächse, zu neuem Leben erwacht, ihre im vorigen Sommer vorgebildeten Knospen entfalten. Nach einer verhältnissmässigen Ruhe während der heissesten Zeit, tritt alsdann bei unseren Holzgewächsen gewöhnlich noch eine neue Verstärkung des Saftstromes im Spätsommer ein, deren Resultate (neue Sprosse, fortgesetztes Wachsen des Jahresringes im Holze), wie auch sie selber, man von Alters her als „Johannistrieb“ bezeichnet.

#### e) Aufnehmende und assimilirende Thätigkeit der Blätter.

Wir haben gesehen, dass die Blätter, indem sie den aufgestiegenen Nahrungssaft durch Verdunstung des Wassers gleichsam concentriren, die aufsaugende Thätigkeit der Wurzeln wesentlich unterstützen. Wichtiger noch ist die Rolle, die sie spielen, indem sie:

1. Den für den Aufbau des Pflanzenkörpers notwendigen Kohlenstoff herbeischaffen. Sie nehmen denselben durch ihre Spaltöffnungen aus der Atmosphäre in Gestalt von Kohlensäure auf, die sie, unter Einwirkung des Sonnenlichtes auf das in ihnen enthaltende Blattgrün (welches sich wiederum nur bei Vorhandensein von wenig Eisen im Nahrstoffe, unter Einwirkung des Lichtes bildet), in ihre Bestandtheile zerlegen.

Wie wichtig und energisch diese Thätigkeit, wie nothwendig eine kräftige Belaubung ist, geht daraus hervor, dass: die Hälfte der Trockensubstanz der Pflanze aus Kohle besteht, die aus der Atmosphäre stammt, welche nur etwa 0,004 Theile Kohlensäure enthält.\*)

\*) Den Kohlenbestandtheil untergegangener Vegetationsformen finden wir als Steinkohle, Braunkohle etc. im Schoosse der Erde aufgespeichert. Nur dem Sonnenlicht war es möglich diese Kohlenmassen im Pflanzenkörper auszuscheiden. Finden wir nicht in diesen Kohlenmassen die Kraft der Sonne gewissermaassen concentrirt?

2. Eine zweite höchst wichtige Rolle für die Ernährung der Pflanze spielen die Blätter insofern, als in ihnen der eigentliche Assimilations-Process des zugeführten Nahrungsstoffes stattfindet, in Folge dessen derselbe erst eigentlich organisch und geeignet wird, für das Wachsthum des Ganzen verwendet zu werden.

Unter den Producten der Assimilation sind 2 Gruppen zu scheiden:

- a) Stickstofffreie Verbindungen: Kohlenhydrate, d. i.: Cellulose, Stärke, Dextrin, Zucker, Gummi, Harze, Aether, Oele, Fett, Stereoptene).
- b) Stickstoffhaltige Verbindungen: Eiweiss, Legumin, Aleurón, Kleber, Proteinstoffe.

In allen spielt der Kohlenstoff eine Hauptrolle. Sie werden entweder zur Aus- resp. Neubildung der Organe sofort verwendet oder an gewissen Stellen\*) als Reservestoffe abgelagert und in beiden Fällen als aus bereits assimilirtem Stoff bestehender absteigender Saftstrom dem Ort und Zweck ihrer Bestimmung zugeführt.

#### f) Unterschied von Assimilation und Stoffmetamorphose.

Von dem durch die Blätter und grünen Pflanzentheile bewirkten Assimilationsprocess ist wohl zu unterscheiden ein zweiter, in allen lebensfähigen Theilen der Pflanze vor sich gehender, der als Stoffwechsel oder Stoffmetamorphose zu bezeichnen ist.

Der Unterschied zwischen beiden, das Wachsthum und Leben bedingenden Processen beruht in erster Linie darin, dass durch die Assimilation dem Körper neue Stoffe zugeführt werden, die Quantität seiner Bestandtheile also vermehrt wird, während durch die Stoffmetamorphose eine Veränderung der Qualität, ein Umsatz der Elemente derselben bewirkt wird (meist allerdings unter Aufnahme geringer Mengen von Sauerstoff und Abgabe von wenig Kohlensäure). Uebrigens findet, wie schon oben gesagt, die Assimilation nur in den chlorophyllhaltigen Pflanzentheilen unter Einwirkung des Lichtes statt, während die Stoffmetamorphose in allen Pflanzentheilen von Chlorophyll und Licht unabhängig möglich ist.

Hieraus erhellt, dass chlorophyllfreie Schmarotzer (*Orobanchen*, *Rafflesiaceen*, *Balanophoreen*, *Cuscuten* (erwachsen) und Humuspflanzen, (Pilze, *Monotropa*, *Corallorhiza*, *Neottia*) recht wohl existiren können. Sie verarbeiten nur den bereits durch die Nährpflanzen assimilirten

\*) In den verdickten Grundachsen, (Kartoffel- und anderen Stengelknollen) den verdickten Niederblättern (Zwiebeln oder Blattknollen), dem Mark der Stämme, den Cotyledonen und dem Eiweisskörper der Samen, weshalb alle diese Organe dem Menschen als Nahrung tauglich erscheinen.





Nährstoff, während andere chlorophyllführende (Mistel, *Loranthaceen*) entweder nur den rohen Nährstoff der Mutterpflanze entnehmen, oder (*Rhinanthaceen*, *Santalaceen*) nebenher noch durch eigene Bodenwurzeln solchen aufzunehmen im Stande sind.\*)

### g) **Athmungsthätigkeit der Pflanze.**

Im thierischen Leben bezeichnet man als Athmung jenen Process, durch welchen (als Gemengtheil der atmosphärischen Luft) Sauerstoff in den Körper eingeführt und in Gestalt von Kohlensäure resp. Wasserdampf wieder abgegeben wird. Die Einwirkung dieses Processes für die Umwandlung der aufgenommenen Stoffe in bildungsfähige Nährstoffe ist als nothwendig bekannt.

In ganz ähnlicher Weise ist eine Aufnahme von Sauerstoff für das Pflanzenleben nothwendig und jede lebsthätige Zelle, chlorophyllhaltig oder nicht, nimmt fortwährend, unter Einwirkung des Lichts und im Dunkeln, atmosphärischen Sauerstoff auf und giebt etwa dieselbe Quantität Kohlensäure ab.

Bei einzelligen Pflanzen, sowie denjenigen, die aus einer Zellenreihe oder Zellenfläche bestehen (Algen, Pilzen, Moosen), ist es allen gasförmigen Stoffen (auch der nach früher Gesagtem als plastisches Nahrungsmittel zu betrachtenden Kohlensäure) leicht möglich durch Diffusion in die Zellen ein- und wieder auszutreten, denn sie kommen mit der Luft oder mit lufthaltigem Wasser unmittelbar in stete Berührung. Wo aber der Bau ein complicirter ist,

---

\*) Anmerkung. Schmarotzer (*Parasiten*), Humuspflanzen (*Saprophyten*), Baumbewohner (*Epiphyten*), drei Vegetationsformen, die in ihrer äusseren Erscheinung und vor allen Dingen darin übereinstimmen, dass sie in ihrem Vorkommen eine gewisse Abhängigkeit von anderen Gewächsen oder organischen Wesen bekunden, sind dennoch wohl von einander zu unterscheiden. Der Unterschied beruht in dem Grade der Abhängigkeit.

1. Schmarotzer (*Parasiten*) sind nur die zu nennen, welche in einem organischen Zusammenhang mit dem lebsthätigen Gewebe einer anderen Pflanze stehen. Derselbe wird dadurch hergestellt, dass ihre Saugwurzeln in dasselbe eintreten und eine mehr oder weniger innige Verschmelzung mit demselben eingehen, so dass es dem Nährsaft der Mutterpflanze möglich ist, unmittelbar in den Parasiten überzutreten. Sie verhalten sich wie eine Knospe desselben Stammes, oder wie ein demselben aufgesetztes Pfropfreis.

2. Humuspflanzen (*Saprophyten*) gehen zwar keine Verwachsung mit anderen lebenden Pflanzen ein, doch zeigen sie eine Abhängigkeit von denselben in sofern, als sie nur in Gesellschaft derselben resp. ihrer faulenden Reste zu existiren vermögen. Auch sie bedürfen für die Assimilation der Hilfe anderer.

3. Baumbewohner (*Epiphyten*) zeigen den geringsten Grad der Abhängigkeit. Für sie (tropische *Orchideen*, *Aroideen* [Pothosgewächse]) ist die betreffende Pflanze nur Wohnplatz. Die Nahrung wird durch Blätter und Luftwurzeln aufgenommen; da Blattgrün vorhanden, ist es ihnen möglich die Assimilation selbst auszuführen.

wie bei den Leitbündel führenden, namentlich Holzpflanzen, da sind besondere Eintrittsöffnungen (Spaltöffnungen) und Kanäle, (Intercellulargänge) vorhanden, die mit Hohlräumen (Athemhöhlen, Intercellularräumen) in Verbindung stehen, um eine fortwährende Communication aufrecht zu erhalten.

Da nun die Athmung der Pflanzen, gleich der der Thiere, eine langsame Verbrennung unter Eintritt von Sauerstoff und Austritt von Kohlensäure ist, so ist auch eine entsprechende Wärmeentwicklung zu erwarten. Dieselbe findet auch in der That statt. Der Grad derselben ist indessen nur schwer messbar, wegen des starken Wassergehaltes und der damit in Verbindung stehenden fortwährenden Verdunstung, sowie wegen der verhältnissmässig grossen Oberfläche des Pflanzenkörpers. Nur da hat sich eine wesentliche Erhöhung der Temperatur feststellen lassen, wo das Leben periodisch seinen höchsten Grad von Energie entfaltet. So in den Blüthen der *Victoria regia* und anderer *Nymphaeaceen*, sowie in den Blütenknollen der *Cycadeen* und *Aroideen*.\*) Man könnte die Pflanzenathmung in Rücksicht auf ihre Energie mit der der kaltblütigen Thiere vergleichen.

#### b) Wechselwirkende und gegenseitig sich bedingende Lebensthätigkeit von Pflanze und Thier.

Auch das Pflanzenleben also producirt fortwährend Kohlensäure auf Kosten des atmosphärischen Sauerstoffs. Es könnte demnach auf den ersten Blick scheinen, als ob die Pflanzenwelt, indem sie mit den Thieren von demselben Vorrath zehrt, wie diese, deren Existenzbedingungen zu beeinträchtigen fähig wäre. Indessen ist die Menge des von den Pflanzen verbrauchten Sauerstoffs eine so geringe im Vergleich zu derjenigen, der aus der Atmosphäre aufgenommenen und, unter Ausscheidung von Sauerstoff, zu Kohlenstoffverbindungen verarbeiteten Kohlensäure, dass man mit Fug und Recht behaupten kann: Thier und Pflanze bedingen sich in Betreff ihres Daseins insofern, als erstere die der Pflanze nothwendige Kohlensäure produciren, während diese den den ersteren nothwendigen Sauerstoff aus derselben darstellen und, indem sie zugleich auch diejenigen organischen Kohlenstoffverbindungen bereiten, welche für das thierische Leben als Nahrung nothwendig sind, den wesentlichsten Anforderungen Genüge leisten, welche der Existenz von Thier und Mensch auf der Erde zu Grunde liegen.

Der Pflanzenwelt fällt somit die Aufgabe zu, den Urstoff zu organisiren, denn nur die Pflanze besitzt die Fähigkeit unorganische

\*) *Arum maculatum*, *A. dracunculus*, *Colocasia odora*, *Caladium viviparum*, *Richardia aethiopica*.







Stoffe als Material zum Aufbau ihrer Zellen verwenden zu können, während Thier und Mensch zu ihrem Bestehen und Gedeihen organischer Stoffe bedürfen.

Deshalb, nicht etwa weil die Pflanze bei ihrem ersten Entstehen, in ihren Urformen unvollkommener als das Thier ist, denn beide beginnen ihr Dasein als einfache Zelle (insofern für Annahme einer individuellen Existenz neben dem Stoff auch die Form nothwendig), dürften von den Organismen die Pflanzen früher als die Thiere in der Schöpfungsgeschichte unseres Erdballes aufgetreten sein.

#### i) Ueber Secrete und excrementielle Stoffe der Pflanzen.

Am Schlusse der Betrachtung des Ernährungsprocesses der Pflanzen tritt uns die Frage entgegen: Werden denn alle jene Stoffe, die von Aussen her aufgenommen werden, und einer Reihe von Umsetzungen, welche die gegenseitige Einwirkung der in der Pflanze enthaltenen Stoffe hervorruft, unterliegen, zu Producten umgebildet, welche für die Ernährung und das Wachsthum der Pflanze nothwendig sind?, oder entstehen auch Verbindungen, welche als nicht nothwendig oder unzutraglich für das Bestehen, wieder entfernt werden müssen?

Obwohl diese Frage noch einer eingehenden Erklärung bedarf, so glauben wir sie doch im Allgemeinen bejahend beantworten zu müssen. Wir gedenken dabei der durch die Blätter und die Oberhaut ausgeschiedenen Mengen von Sauerstoff, Wasserdampf und Stickstoff, der Zucker und ätherisches Oel aussondernden Drüsen, der Ausscheidungen der Wurzelspitzen, der mannigfachen Ablagerungen von ätherischen Oelen, *Stereopténe* (Campher), Harz und Gummi, auch des Milchsafte. Stoffe, die wohl zu unterscheiden von den oben erwähnten, in erweiterten Zellräumen aufgespeicherten Reservestoffen. Sie werden in Hohlräumen innerhalb des Zellgewebes der Pflanze, die zum Theil besondere Wandungen haben, abgelagert, aus denen sie zuweilen hervortreten (Harz, Gummi). Künstlich in den Ernährungsprocess der Pflanze wieder eingeführt, üben sie sogar eine schädliche Wirkung auf denselben.

#### k) Animale Lebensäusserungen der Pflanze.

Wir bezeichneten bereits in der Einleitung als animale diejenigen Aeusserungen der Lebensthätigkeit, welche man, als vorzugsweise in den Regionen des thierischen Lebens sich geltend machend, beobachtet hat. Empfindung und Bewegung.

Eine gewisse Reizempfänglichkeit gegenüber der Aussenwelt ist in der Pflanzenwelt ziemlich häufig zu beobachten. Es gehören

dahin vor Allem die sogenannten Schlafbewegungen, d. h. das vom Wechsel der Tageszeiten abhängige Oeffnen und Schliessen vieler Blüten, sowie das Senken und Zusammenfallen der Blätter bei Mimosen, Acazien, Robinien, *Trifolium*, *Biophytum*, *Oxalis*, dann die bei den letztgenannten Pflanzen und manchen Staubblättern (*Berberis*, *Parietaria*, *Centaurea*), sowie bei den Blättern der sogenannten Insectenfresser (*Dionaea*, *Drosera*, *Sarracenia*\*) auf Berührung folgende Reaction. Weiterhin das Winden vieler Pflanzen, das Neigen derselben nach dem Lichte.

Man ist zwar bemüht, alle diese Erscheinungen, für deren Auftreten besonders thätige Organe nicht gefunden sind, zurückzuführen auf physikalische Ursachen: Einwirkung von Licht und Wärme und dadurch, oder durch mechanische Berührung von Aussen her bewirkte verschiedenartige Spannung des Gewebes. Indessen wollen wir diese zu weiterer Aufklärung anregenden That-sachen hier nur registriren, ebenso wie die Erscheinungen selbständiger Ortsbewegung in den ersten Entwicklungsstadien der Algen, der Moos- und Farnsporen, als einen Beweis, wie wenig scharf in den niederen Regionen organischen Lebens die Grenze zwischen Pflanze und Thier gezogen ist. Denn auch bei Urthieren und *Coelenteraten* ist ein Nervensystem als Träger von Empfindung und Bewegung nicht nachgewiesen. Auch bei ihnen wechseln Zustände freier Ortsbeweglichkeit, mit solchen pflanzenartigen Gefesseltseins an den Boden.

### 1) Lebensdauer.\*\*)

In Betreff der Lebensdauer der Pflanzen haben wir zwei Gruppen unter ihnen zu scheiden:

1. Solche mit begrenzter Dauer (Einmalfrüchtige).
2. Solche mit unbegrenzter Dauer (Wiederfrüchtige).

Das heisst: Die einen durchlaufen den Kreis von der Keimung bis zur Bildung entwickelungsfähigen Samens nur einmal, sei

\*) Dass die in Rede stehenden Pflanzen, den ihnen zugesprochenen Namen mit Recht verdienen, davon haben die bisherigen Untersuchungen zwar noch nicht vollkommen überzeugen können. Denn, mag die Pflanze auch von der durch den Körper der gefangenen Thiere zugeführten Feuchtigkeit aufnehmen; dass die Aufsangung derselben für ihre Existenz nothwendig, ist nicht erwiesen, wohl aber, dass sie ohne dieselbe recht gut existiren kann. Andererseits aber sprechen neuere Untersuchungen des jüngeren Fr. Darwin dafür, dass *Drosera*-arten, die er unter sonst gleichen Verhältnissen nebeneinander cultivirte, besser gediehen und reichlichere Blüten und Früchte bildeten, wenn sie mit Insecten resp. gekochtem Fleisch gefüttert wurden, als im entgegengesetzten Falle. Auch Ch. Kellermann und E. v. Raumer beobachteten nach den Mittheilungen von M. Rees (Bot. Zeit. Jahrg. 36. No. 14) bei ihren Versuchen ähnliche Resultate.

\*\*\*) Vergl. Morphologie. S. 59.





es in 1, 2 oder mehreren Jahren (manche Palmen, *Agave*). Sie leben alsdann fort nur durch ihre Nachkommenschaft.

Die andern wiederholen diesen Kreislauf, und haben somit, indem sie durch Bildung neuer Sprosse, die mit der Mutterpflanze in Verbindung bleiben, sich gewissermassen fortwährend verjüngen, eine, theoretisch wenigstens, unbegrenzte Lebensdauer. Sie dauern aus (perenniren), sei es, wie die sogenannten Stauden durch die Grundachsen, oder wie Bäume und Sträucher durch die verholzten Stämme.

Die letzteren, bezüglich die Grundachsen, sind ein Resultat der Lebensthätigkeit der Einzelwesen 2ter bis n.ter Ordnung, d. h. der aus alljährlich neu entwickelten Knospen gebildeten Zweige, und zugleich der Kern und die Quelle sich stetig erneuernder Verjüngung des Gesamttwesens, wenn nicht die Hand des Menschen oder Ungunst der Verhältnisse hemmend entgegentritt.

Der theoretischen Annahme einer unbegrenzten Lebensdauer perennirender Gewächse entsprechen viele beobachtete Thatsachen. Die Grundachsen der *Cárices*, *Anemónen* etc. wachsen an der Spitze weiter, während die älteren Theile allmählich absterben. Die Knollen bilden fortwährend neue Sprossen. Die Lebensdauer vieler lebenden Bäume hat man auf 100—1000 und 6000 Jahre berechnet, durch Vergleichung der Stärke gefällter, deren Alter man durch Zählen der Jahresringe bestimmt, mit der der lebenden.

So sind, um concrete Beispiele anzuführen, zahlreiche Linden bekannt (Neustadt am Kocher, Freiburg im Br., Schreiberhau in Schlesien) deren Alter auf 700—1000 Jahre sich berechnen liesse. Am bekanntesten ist das hohe Alter, welches die Eiche erreicht, von der an vielen Orten 1000jährige Exemplare gehegt werden (Hassbrook bei Delmenhorst im Oldenburgischen), die meist hohl sind, aber im Besitz der Rinde und des Cambiums nebst nächstliegenden Schichten weiter leben. Auf dem Oelberge bei Jerusalem befinden sich Oelbäume, deren Alter man auf 2000 Jahre berechnet hat. Der Stamm eines Rosenstockes an der Gruftkapelle zu Hildesheim soll 800 Jahr alt sein. Auch unter den *Monocotyledonen* sind Beispiele hohen Alters, namentlich unter *Dracaenen* bekannt. So wurde das Alter des schon von Humboldt beschriebenen Drachenbaums (*Dracaena Draco*) in der Nähe von Orotava auf der Insel Teneriffa, der im Jahre 1867 durch den Sturm umgestürzt wurde, auf 6000 Jahr berechnet. Ein gleiches Alter will man für viele der an der Westküste Afrikas heimischen Baobabs oder Affenbrodbäume (*Adansonia digitata*) anzunehmen berechtigt sein. Unter den Nadelhölzern zeichnet sich namentlich die Eibe (*Taxus baccata*) durch hohes Alter aus, deren einem auf dem Kirchhofe zu Braburn (Kent) man ein Alter von 3000 Jahren zuspricht. Das Alter der Riesen unter den Nadelbäumen, der Wellingtonien (*Se-*

*quoia gigantea*, die erst Ende der 50er Jahre in Nordamerika unter 38° n. Br. und 120° 10' w. L. aufgefunden wurden, kann man ebenfalls auf mindestens 4000 Jahr annehmen.

## B. Erhaltung der Art (Fortpflanzung).

Das Einzelwesen möge schliesslich zu Grunde gehen, die Art lebt fort.

Es ist im Vorhergehenden wiederholt darauf hingedeutet worden, dass die Erhaltung und das Wachsthum auch des complicirtesten Organismus auf der Lebensthätigkeit und Vermehrung der Einzelzelle beruht.

Auch die Erhaltung der Art, die Erzeugung selbständig lebensfähiger Einzelwesen, die Fortpflanzung oder Vermehrung beruht überall einzig und allein auf der Vermehrung und Theilung der einfachen Zellen. Ein Unterschied zeigt sich hier nur in sofern, als entweder:

- 1) Jeder einzelnen Zelle die Fähigkeit zukommt, sich zu vervielfältigen, oder
- 2) Als bestimmte Zellen vom Gesamtorganismus für diesen Zweck vor- und ausgebildet werden.

## 3. Die ungeschlechtige Fortpflanzung oder Vermehrung.

Die erste Art der Fortpflanzung kommt als alleinige nur einer verschwindend kleinen Zahl der niedrigsten einzelligen Algen zu. Bei *Diatomaceen* und *Desmidiaceen* findet eine Theilung in 2 oder auch 4 Stücke statt, die den Vorgang wiederholen, sobald sie sich vollständig entwickelt haben. Zuweilen bleiben diese Einzelwesen durch eine umhüllende Schleimmasse zu Gruppen vereinigt (*Palmellaceae*, *Chlamydococcus*, Fig. 2) und bilden so gewissermassen den Uebergang zu den mehrzelligen Algen. Auch bei diesen (*Nostochaceae*, *Oscillatoria* (*Chroocolepus*, Fig. 27), *Confervaceen* (*Spirogyra*) tritt die Vermehrung durch einfache Theilung sehr in den Vordergrund, indem häufig einzelne Zellen oder Zellreihen, vom Ganzen getrennt, zur Selbständigkeit sich entwickeln.

Neben dieser zeigt sich aber schon hier zugleich die zweite Vermehrungsart, (indem [*Spirogyra*] einzelne Zellen mit einander in Verbindung treten, worauf aus dem Inhalt beider neue Individuen entstehen) von der wir bald weiter zu sprechen haben.

Hier wollen wir gleich hervorheben, dass die in Rede stehende Art der Fortpflanzung bis in die höchsten Regionen des Pflanzenreiches, neben der allmählich mehr und mehr sich ausbildenden







und in den Vordergrund tretenden zweiten Art, Statt hat. Sie macht sich geltend als speciell so genannte Vermehrung (freiwillige oder unfreiwillige) durch Brutknospen, (Zwiebeln, *Allium*, *Lilium*, *Dentaria*); Stecklinge, Ableger oder Senker (Weiden, Pappeln, Myrten, Oleander, Cactus, *Dracaenen*, Maiblumen, Gummibäume, Kartoffeln, Georginen, *Canna*, *Elodea* etc.); Erziehen junger Pflanzen aus Blättern (*Cardamine*, *Begonia*, *Bryophyllum*, *Gloxinia* etc.); indem hier überall vom Ganzen abgetrennte Theile die Fähigkeit zeigen, die fehlenden Organe (meist Wurzel) neu zu bilden und als selbständige Individuen weiter zu leben. \*)

Auch das Pfropfen, Copuliren, Oculiren und alle jene Veredlungsmethoden, durch welche man ein Reis, eine Knospe der einen Pflanze auf eine andere überträgt, dürften hierher zu rechnen sein. \*\*)

Trotz alledem tritt aber schon, wie vorher bemerkt, bei den Algen eine Art der Fortpflanzung auf, die, je höher wir auf der Stufenleiter pflanzlicher Entwicklung emporklimmen, um so mehr sich auch in der äusseren Erscheinung der ganzen Pflanze in den Vordergrund schiebt und auf dieselbe bestimmend wirkt. Es ist die, oben unter 2) als von besonders ausgebildeten Zellen ausgehend bezeichnete, sogenannte geschlechtige oder eigentliche Fortpflanzung.

#### 4. Die eigentliche (geschlechtige oder sexuelle) Fortpflanzung.

Schon sehr früh hatte man beobachtet, dass manche Algen besonders gestaltete Zellen hervorbringen, die, von der Mutterpflanze getrennt, befähigt sind und vorzugsweise bestimmt erscheinen, sich zu selbständigen, dem ursprünglichen gleichartigen Wesen zu entwickeln.

Nachdem man vorher beobachtet, dass diese Zellen zweierlei sind, grössere ruhende und kleinere mit Wimperfäden versehene activ bewegliche, war es erst der neuesten Zeit vorbehalten nachzuweisen, dass dieselben in einem so zu sagen polaren Gegensatz zu einander stehen, der durch gegenseitigen Contact nicht nur, sondern durch ein Aufgehen der einen Form in der anderen, das Entstehen neuer Individuen bedingt.

\*) Stecklinge bilden neue Wurzeln analog der Reproduction im Thierreich, Eidechsen, Molche, Frösche, Salamander etc. bilden Organe (Schwanz, Beine), deren sie verlustig gegangen, neu.

\*\*) Auch im Thierleben, jedoch nur in den niedersten Regionen desselben finden wir Analoga für diese Vermehrung, z. B. Theilung der Regenwürmer, Vermehrung durch Theilung und Knospung bei Coelenteraten und Urthieren.

Dieser Vorgang, zuerst von Pringsheim (1855) an der *Vaucheria sessilis* Lyngb., später bei *Oedogonium* u. A. beobachtet, wurde von Thuret auch bei *Fucus vesiculosus* als ganz ähnlich erkannt. (Vergl. die beigegebene Figurentafel 4.)

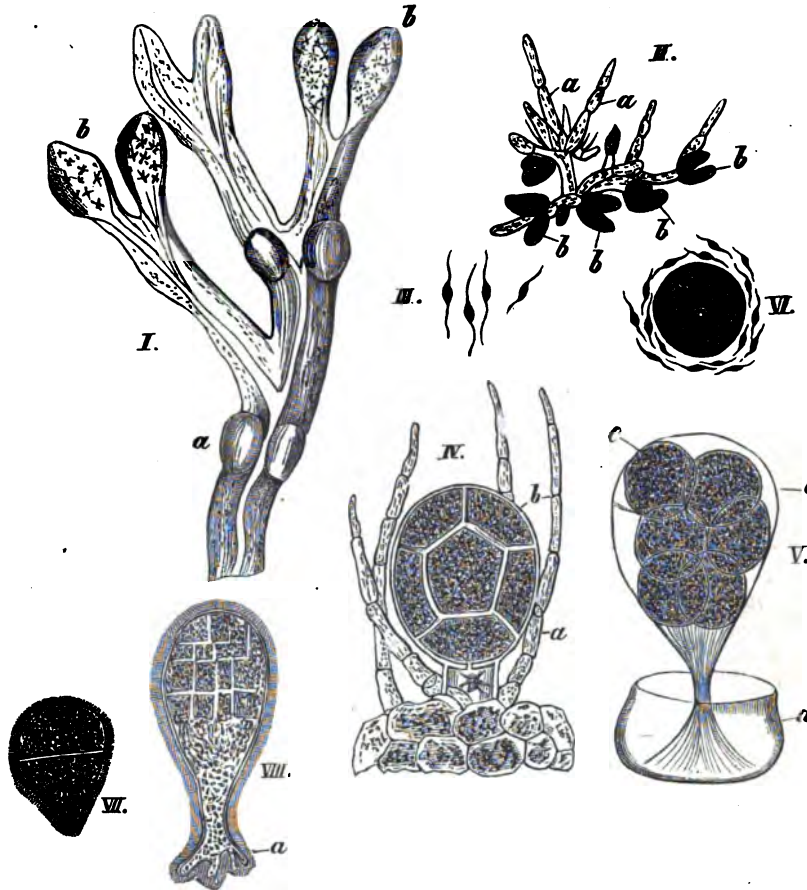
*Fucus vesic.*, der in der Ost- und Nordsee häufige Blasentang, Fig. I, trägt an den äusseren spatelförmig erweiterten Spitzen (b) seines dichotom verzweigten Thallus (nicht mit den Schwimmblasen (a) zu verwechseln) zweierlei, von mehrzelligen Fäden (Paraphysen II u. IV a) umgebene Organe, *Antheridien* (Fig. IIb) und *Oogonien* (Fig. IVb). Zur Zeit ihrer Reife öffnen sich diese *Oogonien*, so zwar, dass zuerst die äussere Haut der Doppelwandung aufplatzt und, indem sie sich zurückzieht, Fig. Va, der inneren Haut b, sammt deren Inhalt den Austritt in Schlauchform gestattet. Dieser Inhalt, der schon vorher, wie bei Fig. IV kenntlich, sich in eine Anzahl von Theilen geschieden, gestaltet sich mehr und mehr zu kugligen selbständigen Körperchen, den Oosporen (c) (Eisporen, Keimzellen), welche zur Zeit ihrer vollen Entwicklung aus der sich öffnenden Hülle (b) entleert werden. Im Wasser passiv umherschwimmend, werden sie alsbald von einer grossen Anzahl viel kleinerer, selbständig beweglicher Zellkörper (Zoosporen), Fig. III, umschwärmt und in langsame rotirende Bewegung gesetzt, Fig. VI. Diese letzteren haben sich in den *Antheridien* (Fig. IIb) entwickelt und sind mit je 2 in der Richtung ihrer Längsachse sich befindenden Wimperfäden versehen. Nachdem dieselben mit der Oospore in Contact getreten, (vielleicht auch in dieselbe eingedrungen) verschwinden sie; die der Art befruchtete Eispore dagegen, geht aus der Kugel-, durch Zuspitzung des einen Endes, allmählich in die Eiform über, Fig. VII. Dieses Ende setzt sich an fester Unterlage fest, und sich in mehrere Aeste theilend, verwächst es gleichsam mit derselben, Fig. VIIIa, indem es dem aus dem oberen Ende erwachsenden *Fucus* als wurzelartiges Haft- (nicht Ernährungs-) Organ dient.

In Uebereinstimmung mit der gegebenen Darstellung befindet sich die Fortpflanzung der Hauptsache nach erwiesener Massen bei vielen Algen und Pilzen, ferner bei allen Charen, Moosen und Farnen.

Auch bei den höheren Gefässpflanzen, den Blütenpflanzen ist der Vorgang ein ähnlicher, insofern als die Neubildung eines Individuums von der Entstehung und gegenseitigen Einwirkung zweier verschiedenartiger Zellen abhängig ist. Nur findet diese Befruchtung stets auf der Mutterpflanze statt und das Erzeugniss derselben, die befruchtete Keimzelle, erlangt auf derselben stets schon einen höheren Grad der Ausbildung. Sie verlässt dasselbe als im Samen eingeschlossener Keimling, der entweder, in den meisten Fällen, die wesentlichen Organe (Wurzel,







Tafel 4.

I. Ein Theil des Thallus eines erwachsenen *Fucus vesiculosus*. a. Schwimmblasen. b. Fructificirende Enden desselben. II. Reife Archegonien. b. an gegliederten Härchen a. sitzend. III. Die aus denselben hervorgetretenen Zoosporen. IV. In der Entwicklung begriffenes Oogonium ♂, von Paraphysen a. umgeben. V. Dasselbe entwickelt nachdem die äussere Haut a. aufgeplatzt, b. innere Haut, c. Oosporen. VI. Eine derselben ausgetreten und von Zoosporen umschwärmt. VII. Be-fruchtete Oospore im Begriff sich festzusetzen. VIII. Junger *Fucus*, a wurzelartiges Haftorgan.

Stengel, Blätter) schon deutlich erkennen lässt, oder wenigstens als mehrzelliges Gebilde erscheint (*Orchideen*, *Orobanchen*, *Viscum*).

Dieser Unterschied giebt einen der wichtigsten Theilungsgründe des Pflanzenreichs in die beiden Hauptgruppen der **Sporenpflanzen** (*Sporophyta*) und **Blütenpflanzen** (*Anthophyta*), deren Verschie-

denheit schon in der äusseren Erscheinung ausgeprägt erscheint, obwohl sie auch in dieser Beziehung nicht schroff einander gegenüberstehen.

#### a) Entwicklung der Sporenpflanzen.

Aber auch bei den obengenannten Pflanzengruppen selbst, die wir als Sporenpflanzen zusammenfassten, zeigt sich innerhalb der Uebereinstimmung im Allgemeinen eine grosse Mannigfaltigkeit einmal in Betreff der die Fortpflanzung bewirkenden Zellen selbst, dann aber auch in Betreff des aus denselben hervorgehenden Erzeugnisses.

Allen gemeinsam ist eben nur die Eigenthümlichkeit, dass die junge Pflanze die Mutterpflanze im Zustande der einfachen Zelle (Spore) verlässt. Die erwähnten Unterschiede erläutern wir kurz im Folgenden (vergl. auch die Charakteristik der einzelnen Gruppen im „Grundriss der speciellen Botanik“).

Wir sahen, wie bei den Algen zweierlei polare Elemente (Sporen) die Mutterpflanze verlassen und wie das eine von ihnen, nachdem es die Einwirkung des anderen erfahren, sich festsetzt und zur selbständigen Pflanze entwickelt.

Bei den Pilzen ist der Vorgang ähnlich, nur ist bei vielen von ihnen erwiesenermassen erst die durch Sprossbildung aus der ersten hervorgegangene zweite Generation der mütterlichen ähnlich und fähig wieder Fortpflanzungszellen zu erzeugen.

Bei den Moosen findet ebenfalls ein solcher Generationswechsel statt. Hier entwickelt sich die aus der Kapsel frei gewordene Spore zu einem confervenartigen Gebilde (Vorkeime). Erst dieser bringt die beiden Elemente (Oospore, Kernzelle im *Archegonium*, Zoosporen oder Antheridien im *Antheridium*), von denen das erstere sich zur Kapsel, in dieser aber die Sporen entwickelt.

Bei den Farnen entwickelt die freie Spore sich zum lebermoosartigen Vorkeim, auf dem nun die beiden Elemente entstehen, von denen das weibliche *Archegonium*, nachdem die Einwirkung der *Antheridien* auf dasselbe stattgefunden, sich zur neuen Farnpflanze entwickelt.

#### b) Entwicklung der Blütenpflanzen.

Bei allen Blütenpflanzen entwickelt sich das passive, weibliche Element als einfache Zelle (Embryosack) innerhalb der Samenknospe. Diese letztere tritt entweder aus dem Fruchtblatt hervor (so bei den meisten) und ist in diesem Falle als Fiederblättchen desselben anzusehn oder aus frei in die Höhlung, welche





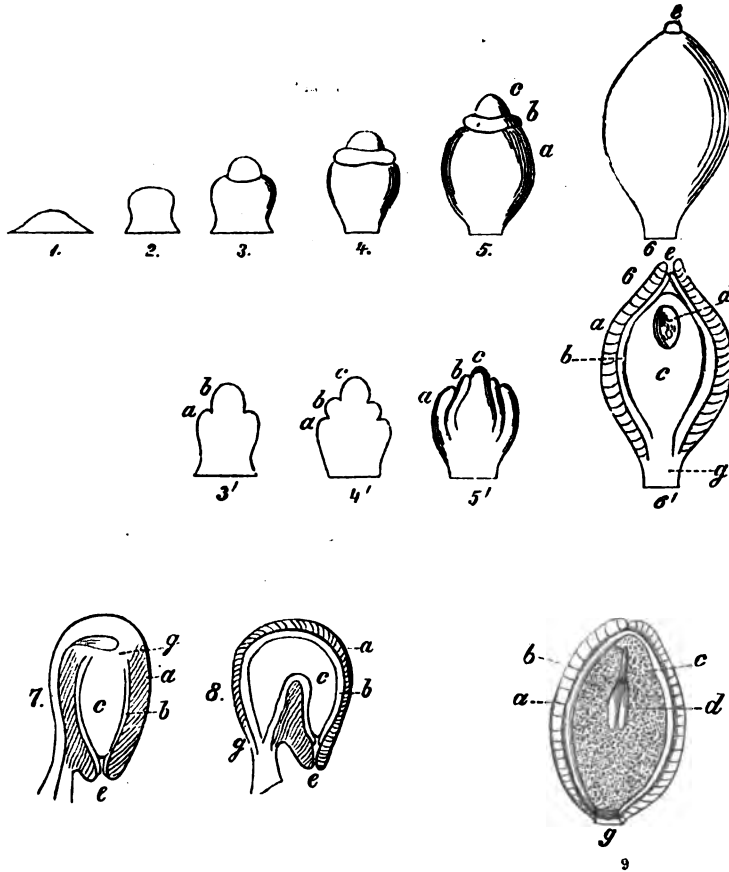


die Fruchtblätter bilden, hineinragenden Achsentheilen (*Primulinae*, *Caryophyllinae*), in welchem Falle man sie als einfaches Blatt anzusehn hat. Auch erscheint sie zuweilen (*Gymnospermen*) am offenen Fruchtblatt, oder wo dieses fehlt (*Taxus*) am vegetativen Zweige. Sie selbst ist in den seltensten Fällen (nur bei *Santalaceen* und *Balanophoreen*) ein einschichtiges mehrzelliges Gebilde, welches als Kernzelle den Embryosack enthält. Häufiger, (so bei den meisten *Gymnospermen* und vielen *Dicotylen*) ist dieser Knospenkern von einer Decke (*integumentum*) umgeben. Am häufigsten (bei den *Monocotylen* mit Ausnahme der *Amaryllideen* und den meisten *Dicotylen*) erscheint der Knospenkern von zwei Knospendecken umschlossen (Tafel 5, Fig. 6 u. 6', die übrigen Figuren geben die einander folgenden Entwicklungsstufen der Samenknospe). Immer erscheint zuerst der Kern c, welcher von den an seinem Grunde entstehenden Decken allmählich mehr und mehr überwachsen und so umschlossen wird, dass nur eine ganz zarte Oeffnung, der Knospenmund (*Mikropyle*) den Zugang zu ihm ermöglicht.

Ist nun dieser dem Knospengrunde (g Fig. 6') gegenüber befindlich, so nennt man die Knospe gradläufig (*orthotrop* oder *atrop*). Ist sie dagegen mittelst des, als Verlängerung des Knospengrundes g, erscheinenden Samenstranges (*Funiculus*) f so umbogen, dass ihr Mund mit der Anwachsungsstelle des letzteren in derselben Ebene liegt, so nennt man die Knospe gegenläufig (*anatrop*), Fig. 7. Dieser Fall ist der häufigste bei den *Angiospermen* (vergl. auch Taf. IV, Fig. 1.), während die Knospen der *Gymnospermen* meist gradläufig sind. Am seltensten ist der Fall (z. B. *Beta*), dass die Knospe sich in sich selbst so krümmt, dass Knospengrund und Knospenmund nebeneinander liegen, Fig. 8, man nennt sie in diesem Falle krummläufig (*campylotrop*).

Während nun die Samenknospen, wie auch immer sie im Besonderen beschaffen sein mögen, ihrer Ausbildung sich nähern, hat sich in den Antheren der Staubblätter gleichzeitig der aus einzelnen Zellen, von verschiedener, meist kuglicher Gestalt, gebildete Blütenstaub (Pollen) entwickelt.

Dieser, das active oder männliche Element wird aus den in verschiedenster Weise sich öffnenden Antheren entleert und gelangt durch den Lufthauch oder die Vermittelung der die Blüten besuchenden Insecten auf den obersten Theil, die Narbe n, des in seinem untersten Theil, dem Fruchtknoten (vergl. Taf. 6, Fig. 1) die Samenknospen bergenden Pistills oder Stempels (*Gynaecëum*) und wächst hier, indem seine äussere Haut sich öffnet, zu langen zarten Schläuchen, den Pollenschläuchen aus. Diese letzteren (Taf. 6, S. 62, Fig. 1 p), welche oft eine bedeutende Länge erreichen, dringen durch das lockere Zellgewebe, welches die Längsachse des



Tafel 5.

Figur 1—6. Entwicklung der orthotropen (gradläufigen) Samenknospe vor dem Blühen. (Schematische Darstellung). a. Aeussere Samenhaut. b. Innere Samenhaut. c. Knospenkern. d. Embryosack. e. Knospenmund (Mikropyle). g. Knospengrund.

Figur 3'—6'. Dasselbe im Längsschnitt.

Figur 7. Gegenläufige (anatrophe) Samenknospe.

Figur 8. Krummläufige (campylotrope) Samenknospe.

Figur 9. Reifer Samen (gradläufig) im Längsschnitt. a. Aeussere Samenhaut. b. Innere Samenhaut. c. Eiweiss. d. Keimling.

Griffels durchzieht, den Stäubweg st. hindurch bis in den Fruchtknoten. Hier treten sie durch die Mikropyle in die Samenknospen. Fig. 1k, bis zum Knospenkern resp. den Embryosack ein und theilen ihren Inhalt durch Diffusion dem des ersteren mit. In Folge dessen bildet sich das Protoplasma desselben zum Embryo aus. Die Samenknospen, zu denen ein Pollenschlauch nicht ge-





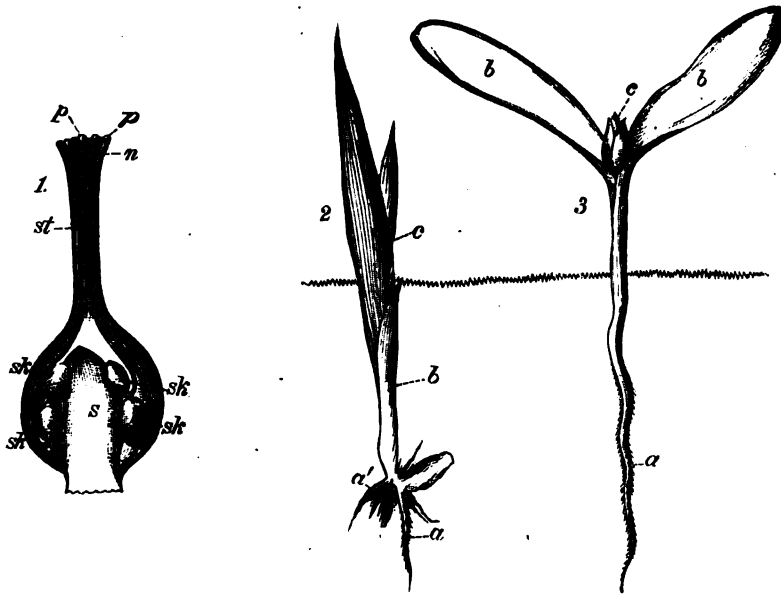
langt ist, gehen zu Grunde oder entwickeln wenigstens keinen Keimling (tauber Samen).

Im reifen Samen selbst (Fig. 9, Tafel 5, Längsschnitt eines solchen), finden wir die äussere und innere Knospendecke zur äusseren und inneren Samenhaut entwickelt. Der Embryo oder Keimling, Fig. 9d, ist in vielen Fällen (bei den meisten *Monocotyledonen*) von einer Masse umgeben, Fig. 9c, Tafel 5, dem Eiweiss, resp. umgiebt dasselbe, welche bei der Keimung des Samens bestimmt ist, der jungen Pflanze als erste Nahrung zu dienen. Wo dieses Eiweiss fehlt, ist der Embryo meist sehr stark entwickelt und enthält in den dicken Keimblättern, reichlichen Reservestoff (Stärkemehl, Aleuron).

### 5. Keimung des Samens.

Hinreichend hohe Temperatur und vor allen Dingen Feuchtigkeit bewirken nach sehr kurzer Ruhe (auswachsendes Getreide auf dem Halme, Keimen der Mohnsamen in stehen gebliebenen Köpfen auf dem Felde) das Austreten des Keimlings aus dem normal entwickelten Samen (dasselbe kann zwar, bei zweckmässiger Aufbewahrung derselben, viele Jahre verzögert werden; was indessen von der Keimfähigkeit in den Pyramiden vorgefundener Weizenkörner erzählt worden ist, hat sich längst als Täuschung erwiesen). Bei diesem als Keimung bezeichneten Vorgang tritt gewöhnlich zuerst der (vergl. Taf. 6, Fig. 2 und 3) als Würzelchen *a* bezeichnete Theil desselben hervor und wächst, wenn er nicht gewaltsam davon abgedrängt wird in der Richtung der Schwerkraft weiter. Als bald entfalten sich auch die ersten, dem Samen beigegebenen Keimblätter (*b*) und indem alle in denselben oder dem Eiweiss abgelagerten Reservestoffe mobil gemacht werden, schiebt sich auch das Stengelchen *c* hervor. Es wächst in der der Schwerkraft und der Wachstumsrichtung der Wurzel entgegengesetzten Richtung weiter. Beide lassen Aeste hervortreten, die bei der letzteren als Nebenwurzeln und Wurzelfasern die aufsaugende Thätigkeit der Hauptwurzel zu unterstützen resp. zu ersetzen haben, um der Pflanze elementare Stoffe aus dem Boden zuzuführen. Mit der Bildung der als Aeste und Zweige bezeichneten Theile, welche die aufsteigende Achse (Stengel) bildet, sucht die Pflanze ihre Peripherie zu vergrössern. Vor allen Dingen bringt sie diese Tendenz und das Bestreben der Luft und dem Licht eine möglichst grosse Berührungsfläche darzubieten, zur Geltung in dem Hervorschieben und Entfalten einer möglichst grossen Zahl von Blättern, über deren für die Ernährung höchst wichtige Thätigkeit oben gesprochen ist.

Bei aller Uebereinstimmung im Keimungsprocess, zeigen sich



Tafel 6.

Figur 1. Längsschnitt eines Stempels (Gynaeceums) mit entwickelten anatropen Samenknospen sk. am centralen (axilen) Samenträger s (Primula). n. Narbe, p. Pollenkörner, welche durch den den Griffel durchziehenden Staubweg st ihre Schläuche zu den Samenknospen sk hinabsenden, in deren Mikropyle sie eintreten.

Figur 2. Eine einkeimblättrige (Secale)  
Figur 3. Eine zweikeimblättrige (Acer)

Keimpflanze.

a. Würzelchen, a'. Nebenwurzeln, welche aus der Stengelbasis hervortreten. c. Stengelscheitel. b. Keimblätter. Bei 2. ein einziges unter dem Boden bleibend, bei 3. zwei über denselben hervortretende.

natürlich auch viele Verschiedenheiten in demselben selbst sowohl, als in Betreff der Beschaffenheit der Keimpflanzen.

Was zunächst die letztere betrifft, so liegt ein Hauptunterschied in der Anzahl der Keimblätter. Die meisten Pflanzen besitzen deren zwei (Fig. 3, Taf. 6) (*Dicotyledonen*), andere nur eins (*Monocotyledonen*), einige Nadelhölzer drei und mehr (*Polycotyledonen*). Auch die Beschaffenheit derselben ist eine verschiedene, insofern sie (bei den *Dicotyledonen*) entweder dickfleischig oder laubartig, oder mehr scheidenartig, häutig sind (*Monocotyledonen*). Die Art der Keimung betreffend treten sie entweder aus dem Boden mehr oder weniger hoch hervor (so meistens bei *Dicotyledonen*, oberirdische Keimung) oder sie bleiben unter der Erde (unterirdische Keimung, bei den *Monocotyledonen*, Kastanien, vielen Schmetterlingsblütlern).







Endlich sei auch noch erwähnt, dass bei allen *Monocotyledonen* die ursprüngliche Hauptwurzel sehr bald ihre Thätigkeit einstellt und abstirbt. Sie wird durch zahlreiche aus der Stengelbasis hervortretende Neben-(Adventiv-)wurzeln ersetzt, die ihre Functionen übernehmen (Taf. 6, Fig. 2a u. a', Haupt- und Nebenwurzeln). Bei vielen Ranunkeln zeigt sich eine ganz ähnliche Erscheinung.

Ist die Keimung in normaler Weise vor sich gegangen und ist die junge Pflanze nach Aufzehrung der ihr vom mütterlichen Organismus beigegebenen Nährstoffe so weit erstarkt, dass sie unter sonst entsprechenden Bedingungen (Luft, Licht, Wärme, Feuchtigkeit, entsprechende Nährstoffe im Boden, resp. Wasser) sich weiter entwickeln kann, so thut sie dies, dem ihr als natürliche Anlage innewohnenden Bildungstrieb entsprechend. Sie wiederholt alle die Gestaltungen, die der Mutterpflanze eigen sind und mit deren Verschiedenheit und Eigenart bei den einzelnen die Morphologie sich beschäftigt, um am Schlusse der Vegetationsperiode wieder Samen zu erzeugen.







U.C. BERKELEY LIBRARIES



C040039370

M125516

QK671  
LS

LIBRARY

THE UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

